

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-021611

(43)Date of publication of application : 21.01.1997

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G06T 1/00

G08B 21/00

(21)Application number : 07-170977

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 06.07.1995

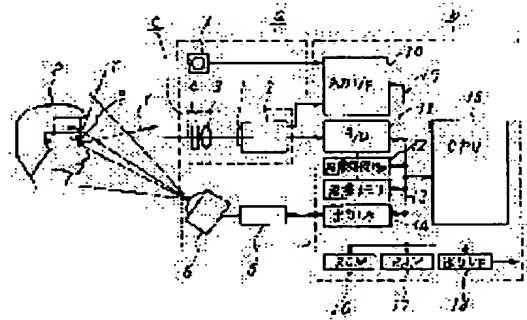
(72)Inventor : SUZUKI HIROYOSHI

(54) FACE IMAGE PICK-UP APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To photograph face image of a driver suppressing influences of a reflecting light on the surface of the lens of glasses, by providing an optical filter arranged on an optical axis of a two-dimensional image pick-up means, an eye detection means for detecting eyes of the driver to be detected, an infrared illumination means and an excitation means.

SOLUTION: A face image pick-up part (a) consists of a camera part (c), an illumination control circuit 5, an infrared light source 6 and an illuminance sensor 7. The camera part (c) comprises a CCD 1 as a two-dimensional image pick-up means, an image signal-processing circuit 2, an image pick-up lens 3 and a visible light cut filter 4. The camera part (c) is disposed on dashboard of a driver's seat, etc. If image pick-up angle of the camera part (c) is set to photograph from slightly diagonally below the front face of driver, it is good to extract eye area. The circuit 5 receives output from a CPU 15 at an excitation means thereby to excite or stop the infrared light source. The light source 6 is mounted at a position not to introduce a regular reflection light (r) directly to the lens 3 of the camera part (c) which is a reflection light of the infrared light from the light source 6 reflected at lasses of the driver.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

5 32150

- (19)【発行国】日本国特許庁(JP)
(12)【公報種別】公開特許公報(A)
(11)【公開番号】特開平9-21611
(43)【公開日】平成9年(1997)1月21日
(54)【発明の名称】顔画像撮像装置
(51)【国際特許分類第6版】

G01B 11/00

G06T 1/00

G08B 21/00

【F I】

G01B 11/00 H

G08B 21/00 E

G06F 15/62 380

15/64 330

【審査請求】未請求

【請求項の数】10

【出願形態】OL

【全頁数】21

(21)【出願番号】特願平7-170977

(22)【出願日】平成7年(1995)7月6日

(71)【出願人】

【識別番号】000006013

【氏名又は名称】三菱電機株式会社

【住所又は居所】東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)【発明者】

【氏名】鈴木 尋善

【住所又は居所】東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74)【代理人】

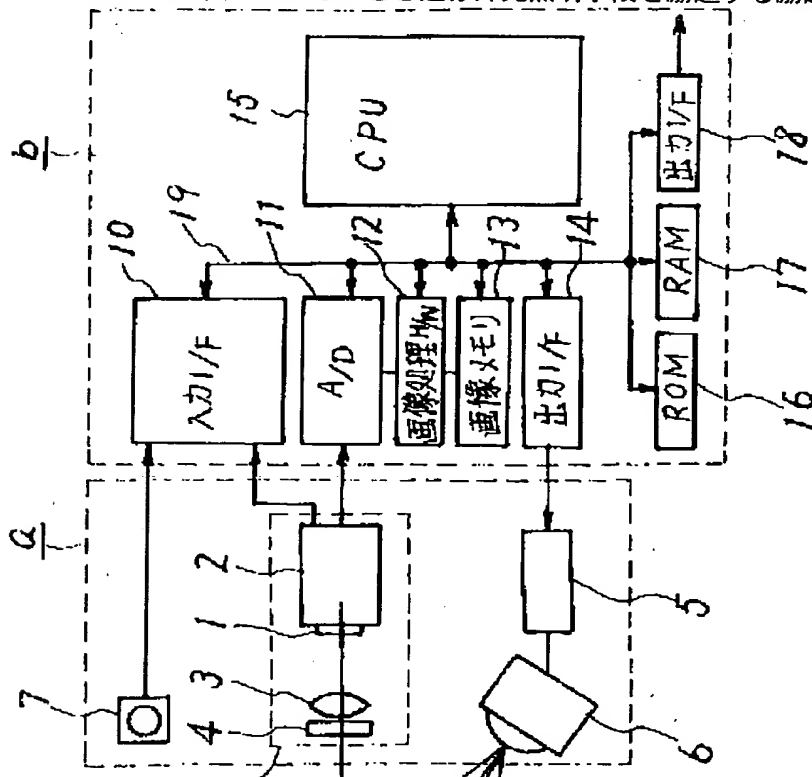
【弁理士】

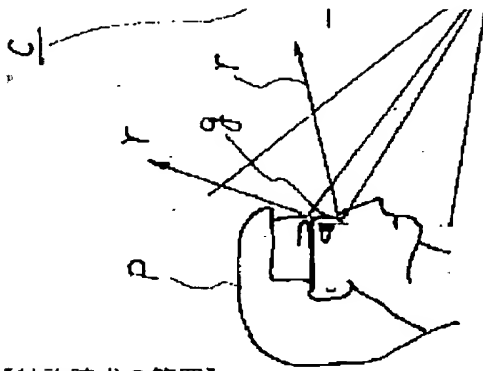
【氏名又は名称】高田 守 (外4名)

(57)【要約】

【目的】 運転者が眼鏡を装着していても眼鏡のレンズ表面反射光の影響を極力抑えて、運転者の顔画像を撮像できる顔画像撮像装置を得る。

【構成】 2次元撮像手段により撮像された検出対象者の顔画像に基づき検出対象者の目を検出する目検出手段と、少なくとも検出対象者の顔面を光学フィルタを通過する近赤外光で照明するとともに2次元撮像手段の光軸と近赤外光の光軸とのなす角度が所定角度以上になるように配置された近赤外光照明手段と、目検出手段が検出対象者の目を検出していないとき近赤外光照明手段を励起する励起手段とを備えた。





【特許請求の範囲】

【請求項1】 検出対象者の顔面を含む所定領域を撮像する2次元撮像手段と、少なくとも所定の波長域の赤外光を通過させる通過帯域を有し前記2次元撮像手段の光軸上に配置された光学フィルタと、前記2次元撮像手段により撮像された前記検出対象者の顔画像に基づき前記検出対象者の目を検出する目検出手段と、少なくとも前記検出対象者の顔面を前記光学フィルタを通過する赤外光で照明するとともに前記2次元撮像手段の光軸と前記赤外光の光軸とのなす角度が所定角度以上になるように配置された赤外光照明手段と、前記目検出手段が前記検出対象者の目を検出していないとき前記赤外光照明手段を励起する励起手段とを備えたことを特徴とする顔画像撮像装置。

【請求項2】 検出対象者の周囲あるいは顔面近傍の明るさを検出し前記検出対象者の周囲あるいは顔面近傍が明状態あるいは暗状態の何れの状態であるかを検出する明暗検出手段を有し、励起手段は、前記明暗検出手段が明状態を検出しかつ目検出手段が前記検出対象者の目を検出していない状態である場合に赤外光照明手段を励起することを特徴とする請求項1に記載の顔画像撮像装置。

【請求項3】 明暗検出手段は、2次元撮像手段により撮像された検出対象者の顔面を含む画像の輝度が所定の輝度以上であるか否かに基づき明状態あるいは暗状態を判定することを特徴とする請求項2に記載の顔画像撮像装置。

【請求項4】 励起手段は、赤外光照明手段を励起してから所定時間経過した際に前記赤外光照明手段を一旦停止させることを特徴とする請求項1に記載の顔画像撮像装置。

【請求項5】 検出対象者の眼鏡装着の有無を検出する眼鏡検出手段を有し、励起手段は、前記眼鏡検出手段が眼鏡を検出しかつ目検出手段が前記検出対象者の目を検出していない状態である場合に赤外光照明手段を励起することを特徴とする請求項1に記載の顔画像撮像装置。

【請求項6】 明暗検出手段が暗状態を検出しているとき検出対象者の顔面を光学フィルタを通過する赤外光で照明する暗状態用赤外光照明手段を有し、暗状態用赤外光照明手段と目検出手段が前記検出対象者の目を検出していないとき励起される赤外光照明手段とを分離したことを特徴とする請求項2に記載の顔画像撮像装置。

【請求項7】 検出対象者の顔面を含む所定領域を撮像する2次元撮像手段と、所定の波長域の可視光を通過させる第一の通過帯域と所定の波長以上の赤外光を通過させる第二の通過帯域を有するとともに前記2次元撮像手段の光軸上に配置された光学フィルタとを備えたことを特徴とする顔画像撮像装置。

【請求項8】 光学フィルタの第二の通過帯域は、所定の波長域の赤外光のみを通過するものであることを特徴とする請求項7に記載の顔画像撮像装置。

【請求項9】 検出対象者の顔面を含む所定領域を撮像する2次元撮像手段と、所定の波長域の可視光を通過させる第一の通過帯域と所定の波長以上の赤外光を通過させる第二の通過帯域を有するとともに前記2次元撮像手段の光軸上に配置された光学フィルタと、前記2次元撮像手段により撮像された前記検出対象者の顔画像に基づき前記検出対象者の目を検出する目検出手段と、少なくとも前記検出対象者の顔面を前記光学フィルタを通過する赤外光で照明するとともに前記2次元撮像手段の光軸と前記赤外光の光軸とのなす角度が所定角度以上になるように配置された赤外光照明手段と、前記目検出手段が前記検出対象者の目を検出していないとき前記赤外光照明手段を励起する励起手段とを備えたことを特徴とする顔画像撮像装置。

【請求項10】 光学フィルタは第一の通過帯域を有する第一の光学フィルタと第二の通過帯域を有する第二の光学フィルタとからなるものであって、検出対象者の周囲あるいは顔面近傍の明るさを検出し前記検出対象者の周囲あるいは顔面近傍が明状態あるいは暗状態の何れの状態であるかを検出する明暗検出手段と、この明暗検出手段が明状態を検出しているとき2次元撮像手段の光軸上に前記第一の光学フィルタを配置すると共に、前記明暗検出手段が暗状態を検出しているとき前記2次元撮像手段の光軸上に前記第二の光学フィルタを配置するフィルタ交換手段を備えたことを特徴とする請求項7または9に記載の顔画像撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は人物の顔画像撮像装置に関し、特に検出対象者の顔画像を画像処理して顔画像の特徴領域の状態より検出対象者の状態を検知する人物状態検出装置に用いる顔画像撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、特開平4-68500号公報あるいは特開平6-32154号公報のごとく運転者の顔を車両室内に設けられたカメラで撮影し、得られた顔画像を処理して顔の特徴点である目を抽出し、目の開閉状態より車両運転者の脇見、居眠り運転等の運転状態を検出する運転者状態検出装置が開示されており、かかる運転者の顔画像撮像装置として近赤外の波長領域を持つ赤外ストロボやLEDをカメラの近くに配備して運転者の顔を照明しつつ、可視光をカットしたフィルタを前面に設けたCCD等の撮像素子により運転者の顔を撮像するカメラが開示されている。

【0003】 図25乃至図28はかかる従来例を示すもので、図25は従来の顔画像撮像装置を含む運転者状態

検出装置の構成図、図26は各種眼鏡レンズの分光反射率特性図、図27は顔画像撮像装置に用いる可視光カットフィルタの分光透過率特性図、図28は従来の顔画像撮像装置により撮影された明状態の眼鏡装着時の顔画像の例である。以下、上図を用いてかかる従来例を説明する。

【0004】図25において、100は顔画像撮像部を示し、101は2次元撮像素子でここではCCDを用いた例を示している。102は映像信号処理回路、103は撮像レンズ、104は撮像レンズ103の前面光軸上に配置された可視光カットフィルタであり、ここでは図27に示すごとく50%透過波長が700nmでありこれより以下の波長の光をカットする可視光カットフィルタを示している。上記CCD 101、映像信号処理回路102、撮像レンズ103、可視光カットフィルタ104はカメラ部110を形成している。105は映像信号処理回路102の明暗出力が接続された照明制御回路、106は近赤外光源で高輝度の近赤外LEDを多数個並べた光源やハロゲンランプやキセノンランプの前に可視光カットフィルタを設けた光源を示しており、照明制御回路105、近赤外光源106を一体としてカメラ部110とは別配置している。120は顔画像処理部を示し、121は映像信号処理回路102のCCD撮像タイミング信号が接続された入力I/F、122は映像信号処理回路102の映像出力が接続されたA/D変換器、123はA/D変換器122の出力が接続されたゲートアレイやデジタルシグナルプロセッサ(DSP)からなる画像処理ハードウェア(H/W)、124は画像処理H/Wと接続された画像メモリ、125はCPU、126はROM、127はRAM、128は出力インターフェース(I/F)である。A/D変換器122、画像処理H/W 123、画像メモリ124、ROM 126、RAM 127、出力I/F 128はCPU 125とバス129で接続されている。130は運転者、131は運転者が装着している眼鏡を示している。

【0005】次に動作につき説明する。運転者130の顔での照明光および外光による反射光は可視光カットフィルタ104により700nm以下の可視光成分がカットされ、近赤外領域の光が撮像レンズ103により集光され運転者130の顔画像が映像信号処理回路102で制御されたCCD 101上に結像される。映像信号処理回路102はCCD 101上に結像された運転者130の顔画像を映像信号としてA/D変換器122に出力するとともに、CCD 101上の平均輝度を演算することで運転者130の顔周囲の明るさを求めて、明暗状態信号を照明制御回路105に出力する。

【0006】ここで、夜間やトンネル内のごとく太陽光による照度の低い状態では、運転者130の撮像が困難になる。そこで、照明制御回路105は、映像信号処理回路102より暗状態信号が出力されると、近赤外光源106を点灯させ、運転者130の顔を照明する。また、日中では太陽光の近赤外成分により十分顔が明るく撮影される。このため、照明制御回路105は、映像信号処理回路102より明状態信号が出力されると近赤外光源106を消灯する。

【0007】運転者130の顔画像の映像信号はA/D変換器122でA/D変換されてデジタル階調画像に変換され、画像処理H/W 123で適当な平滑フィルタを通して細かなノイズ成分を消した後、2値画像に変換され、画像メモリ124に記憶される。次に、画像メモリ124の2値画像を一部画像処理H/W 123を用いつつアクセスして2値顔画像中より目を抽出し、目の開閉状態を検出し、目の開閉状態から運転者130の居眠り状態を判定し、居眠り状態と判定された場合に出力I/F 128より外部に警報信号を送出して運転者130に警報する。これら一連の動作はCCD撮像タイミング信号にあわせて、ROM 126に記憶された命令によりCPU 125で制御され、RAM 127は制御、演算中の一時的なデータの記憶に用いられる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、かかる従来装置においては昼間時に眼鏡131を装着した運転者の目が眼鏡131のレンズでの反射のために撮影不可能となるといった問題点があった。

【0009】図26は眼鏡のガラスレンズおよびプラスチックレンズの分光反射率特性の例を示している。最近の眼鏡131は眼鏡レンズ表面がほとんど反射防止コーティングされており、かかるコートされた眼鏡レンズの分光反射率はコート無しの場合に比較し図のごとく近赤外領域になると急激に高くなっている。車両の走行中、運転者130は通常やや上向きかげんで走行するが多い。こうした場合、運転者130の眼鏡131に白い雲や外部の景色の一部が映り、従来の撮像装置100で撮像される運転者130の顔画像は、コート無し眼鏡においても目が見えにくい、特にコートされた眼鏡の場合には眼鏡レンズの近赤外領域での高い分光反射率のために、図28のごとく眼鏡レンズ表面反射によって目が全く見えない画像となる。従って、運転者の居眠りあるいは脇見などを検出できなくなるという欠点があった。

【0010】この発明は上記課題を解決するために成されたものであり、運転者が眼鏡を装着していても眼鏡のレンズ表面反射光の影響を極力抑えて、運転者の顔画像を撮像できるようにすることを目的としている。

【0011】また、この発明は、時間平均消費電力を低減するとともに長い装置寿命を持つ顔画像撮像装置を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】この発明に係る顔画像撮像装置は、2次元撮像手段により撮像された検出対象者の顔画像に基づき検出対象者の目を検出する目検出手段と、少なくとも検出対象者の顔面を光学フィルタを通過する赤外光で照明するとともに2次元撮像手段の光軸と赤外光の光軸とのなす角度が所定角度以上になるように配置された赤外光照明手段と、目検出手段が検出対象者の目を検出していないとき赤外光照明手段を励起する励起手段とを備えたものである。

【0013】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、検出対象者の周囲あるいは顔面近傍の明るさを検出し検出対象者の周囲あるいは顔面近傍が明状態あるいは暗状態の何れの状態であるかを検出する明暗検出手段を有し、励起手段は、明暗検出手段が明状態を検出しかつ目検出手段が検出対象者の目を検出していない状態である場合に赤外光照明手段を励起するものである。

【0014】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、2次元撮像手段により撮像された検出対象者の顔面を含む画像の輝度が所定の輝度以上であるか否かに基づき明状態あるいは暗状態を判定する明暗検出手段を備えたものである。

【0015】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、赤外光照明手段を励起してから所定時間経過した際に赤外光照明手段を一旦停止させる励起手段を備えたものである。

【0016】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、検出対象者の眼鏡装着の有無を検出する眼鏡検出手段を有し、励起手段は、眼鏡検出手段が眼鏡を検出しかつ目検出手段が検出対象者の目を検出していない状態である場合に赤外光照明手段を励起するようにしたものである。

【0017】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、明暗検出手段が暗状態を検出しているとき検出対象者の顔を光学フィルタを通過する赤外光で照明する暗状態用赤外光照明手段を有し、暗状態用赤外光照明手段と目検出手段が検出対象者の目を検出していないとき励起される赤外光照明手段とを分離したものである。

【0018】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、検出対象者の顔面を含む所定領域を撮像する2次元撮像手段と、所定の波長域の可視光を通過させる第一の通過帯域と所定の波長以上の赤外光を通過させる第二の通過帯域を有するとともに2次元撮像手段の光軸上に配置された光学フィルタとを備えたものである。

【0019】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、光学フィルタの第二の通過帯域を所定の波長域の赤外光のみを通過するものとしたものである。

【0020】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、所定の波長域の可視光を通過させる第一の通過帯域と所定の波長以上の赤外光を通過させる第二の通過帯域を有するとともに2次元撮像手段の光軸上に配置された光学フィルタと、2次元撮像手段により撮像された検出対象者の顔画像に基づき検出対象者の目を検出する目検出手段と、少なくとも検出対象者の顔を光学フィルタを通過する赤外光で照明するとともに2次元撮像手段の光軸と赤外光の光軸とのなす角度が所定角度以上になるように配置された赤外光照明手段と、目検出手段が検出対象者の目を検出していないとき赤外光照明手段を励起する励起手段とを備えたものである。

【0021】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、光学フィルタが第一の通過帯域を有する第一の光学フィルタと第二の通過帯域を有する第二の光学フィルタとからなるものであって、検出対象者の周囲あるいは顔面近傍の明るさを検出し検出対象者の周囲あるいは顔面近傍が明状態あるいは暗状態の何れの状態であるかを検出する明暗検出手段と、この明暗検出手段が明状態を検出しているとき2次元撮像手段の光軸上に第一の光学フィルタを配置すると共に、明暗検出手段が暗状態を検出しているとき2次元撮像手段の光軸上に第二の光学フィルタを配置するフィルタ交換手段を備えたものである。

【0022】

【作用】この発明に係る顔画像撮像装置は、目検出手段が検出対象者の目を検出していないとき赤外光照明手段を励起して検出対象者の顔を照明する。

【0023】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、明暗検出手段が明状態を検出しかつ目検出手段が検出対象者の目を検出していない状態である場合に赤外光照明手段を励起して検出対象者の顔を照明する。

【0024】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、2次元撮像手段により撮像された検出対象者の顔面を含む画像の輝度が所定の輝度以上であるか否かに基づき明状態あるいは暗状態を判定する。

【0025】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、赤外光照明手段を励起してから所定時間経過した際に赤外光照明手段を一旦停止させる。

【0026】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、眼鏡検出手段が眼鏡を検出しかつ目検出手段が検出対象者の目を検出していない状態である場合に赤外光照明手段を励起して検出対象者の顔を照明する。

【0027】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、明暗検出手段が暗状態を検出しているとき検出対象者の顔を光学フィルタを通過する赤外光で照明する暗状態用赤外光照明手段を有し、暗状態用赤外光照明手段と目検出手段が検出対象者の目を検出していないとき励起される赤外光照明手段とが別々に機能する。

【0028】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、所定の波長域の可視光と所定の波長以上の赤外光とを通過させ、検出対象者の顔画像を撮像する。

【0029】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、所定の波長域の可視光と所定の波長域の赤外光とのみにより、検出対象者の顔画像を撮像する。

【0030】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、所定の波長域の可視光と所定の波長以上の赤外光とにより検出対象者の顔画像を撮像すると共に、該顔画像で目を検出できなかった場合は赤外光照明手段を励起して検出対象者の顔を照明する。

【0031】また、この発明に係る顔画像撮像装置は、明暗検出手段が明状態を検出しているとき2次元撮像手段の光軸上に第一の光学フィルタを配置すると共に、明暗検出手段が暗状態を検出しているとき2次元撮像手段の光軸上に第二の光学フィルタを配置する。

【0032】

【実施例】

実施例1. 図1乃至図9はこの発明の顔画像撮像装置の一実施例を示すものであり、図1は顔画像撮像装置を含む運転者状態検出装置の構成図、図2は運転者状態検出のフローチャート、図3は眼鏡を着装した運転者の顔画像の模式図、図4は目存在領域設定の説明図、図5は運転者の顔面での光反射の説明図、図6は本発明の顔画像撮像装置で撮像した明状態の眼鏡装着時の顔画像の例、図7は目抽出に関するフローチャート、図8は目存在領域のX軸ヒストグラム、図9は候補領域のX軸ヒストグラムである。以下、この実施例を図により説明する。

【0033】図1においてaは顔画像撮像部、bは顔画像処理部、cはカメラ部を示している。図において、1は運転者の顔面を含む所定領域を撮像する2次元撮像手段としてのCCDで、768×493の計38万画素のものが用いられている。2はCCD1からの信号を処理する映像信号処理回路、3はCCD1の前面の光軸上に設けられた撮像レンズ、4は撮像レンズ3の更に前面の光軸上に設けられ撮像レンズ3に入射する可視光をカットする光学フィルタとしての可視光カットフィルタで、可視光カットフィルタ4は図27に示す如き分光特性を有している。なお、CCD1、映像信号処理回路2、撮像レンズ3、可視光カットフィルタ4からなるカメラ部cは運転席のダッシュボード上あるいはインストルメントパネル部等に配置され、運転者の前方より顔縦方向が768画素となる向きで運転者の顔を含めた所定の領域を撮像する。このときの撮影角度を顔の正面やや斜め下からとするのが目領域抽出のために最も有利である。5は後述するCPUからの出力を受け赤外光源を励起あるいは停止する励起手段としての照明制御回路、6は照明制御回路5により励起され運転者の顔面あるいはその周辺を含めた方向に近赤外光を照射する赤外光照明手段としての近赤外光源である。近赤外光源6は、近赤外光源6から照射

される近赤外光が運転者の眼鏡のレンズによって反射された正反射光 r がカメラ部 c の撮像レンズ 3 に直接入射しない位置に取り付けられている。これは具体的には、近赤外光源 6 が照射する近赤外光の光軸とカメラ部 c の光軸とのなす角が少なくとも約 $20 \sim 30^\circ$ 以上となるようにカメラ部 c に対して上下左右の離れた位置に近赤外光源 6 が配置される。7 は運転者の周囲あるいは顔面の明るさを検出し明るい状態 (明状態) であるか、あるいは暗い状態 (暗状態) であるかを検出する明暗検出手段としての照度センサで、照度センサ 7 は運転者の周囲あるいは顔面の明るさを検出するべく、ダッシュボードや後部窓下部等の場所に設置される。

【0034】顔画像処理部 b は、次のものから構成される。図において、10 は映像信号処理回路 2 の CCD 撮像タイミング信号あるいはシャッタ信号などの種々の信号を受けると共に照度センサ 7 からの出力信号を受ける入力 I/F、11 は映像信号処理回路 2 の映像出力が接続された A/D 変換器、12 は A/D 変換器 11 の出力が接続されたゲートアレイやデジタルシグナルプロセッサ (DSP) からなる画像処理ハードウェア (H/W)、13 は画像処理 H/W 12 と接続された画像メモリ、14 は演算処理を行う CPU 15 からの指令を出力する出力 I/F で、照明制御回路 5 にその出力の少なくとも 1 つが接続されている。16 は各種のプログラムあるいは数値が記憶されている ROM、17 は演算中の値を一時記憶保持する RAM、18 は出力 I/F であって、後段の種々の機器に接続される。なお、入力 I/F 10、A/D 変換器 11、画像処理 H/W 12、画像メモリ 13、ROM 16、RAM 17、出力 I/F 18 は、CPU 15 とバス 19 で接続されている。

【0035】図 2 は運転者状態検出のフローチャートである。顔撮像装置として、夜間等暗い状態での近赤外光源の点灯制御を行うものもあるが、実施例 1 ではこの点につき詳細な説明を省略する。では、図 2 を用いて実施例 1 の動作を説明する。ステップ ST10 の画像入力手段では、CCD 1 で撮像した図 3 に示す原画像の映像信号 VOUT をデジタル階調画像信号に変換して画像処理 H/W 12 に出力し、画像処理 H/W 12 で適当な平滑フィルタを通して細かなノイズ成分を消す。ステップ ST20 の浮動 2 値化手段では、画像処理 H/W 12 により浮動 2 値化して 2 値画像に変換し、目の縦方向の幅より若干長い画素長を所定長とし、ステップ ST21 で顔縦方向に前記所定長以上に長い黒ブロックを除去して、図 4 に示すように個人的に大きく異なる髪領域がほぼ除去された 2 値画像 201 をステップ ST22 で画像メモリ 13 に入力、記憶する。次に、目抽出手段 ST30 により画像メモリ 13 の 2 値画像 201 を一部画像処理 H/W 12 を用いつつアクセスして顔画像中より目を抽出する。ステップ ST30 では後述する目抽出ルーチンが行われる。ステップ ST30 の目検出手段としての目抽出手段で上記目抽出ルーチンが終了すると、ステップ ST31 で目抽出フラグが ON であるか否かを判定する。

【0036】ここで、図 28 のごとく眼鏡レンズ表面反射によって目が全く見えない顔画像においては目抽出ルーチン ST30 で目が検出されないため目検出フラグは OFF の状態である。かかる目検出フラグ OFF の場合には、ステップ ST32 に進み入力 I/F 10 より照度センサ 7 の明暗信号を読みとり、前記明暗信号より外界が明るいかな否かを検出する。ここで外界が明状態と判定した場合、目が検出されない原因が眼鏡レンズの表面反射であるとしてステップ ST40 で出力 I/F 14 より照明制御回路 5 に眼鏡反射除去用照明制御信号を送出して近赤外光源 6 を点灯制御し、運転者の顔面あるいは顔面を含む近傍を照明する。

【0037】さて、ここで眼鏡レンズの表面反射により目が検出できないときに近赤外光を運転者の顔面に照射する理由について説明しておく。図 5 は外界対象物 i からの光束 ϕ_i と近赤外光源 6 からの光束 ϕ_L が、眼鏡 g を着装した運転手の顔面を照射している場合に、目 e および眼鏡 g のレンズでの各反射および透過光束を説明した図であり、図においてカメラ部 c に入る光束 ϕ は、次の式 1 で表される。

【0038】

【数 1】

$$\phi = \phi_i R + \phi_i T + \phi L T \quad (式 1)$$

【0039】ここで $\phi_i R$ は光束 ϕ_i の眼鏡 g による反射光束、 $\phi_i T$ は光束 ϕ_i の眼鏡 g 透過後の運転者 p の目 e での拡散反射光束、 $\phi L T$ は近赤外光源 6 の放射光束 ϕ_L の同様な目 e での拡散反射光束である。前述したように近赤外光源 6 は、その照射光の光軸とカメラ部 c の光軸とのなす角度が所定角度以上になるよう配置しているので、前述のごとく近赤外光源 6 の放射光束 ϕ_L の眼鏡 g のレンズによる反射光束 $\phi L R$ はカメラ部 c には入射しない。CCD 1 上の画像輝度を前記眼鏡 g での反射光束と目 e での拡散反射光束に分けて記述すると、眼鏡 g での反射光束による輝度 ϕR 、目 e での拡散反射光束による輝度 ϕT は各々、式 2 のように表される。

【0040】

【数 2】

$$\phi R = \sum_{\lambda} \phi_i R(\lambda) F(\lambda) R(\lambda) \quad (式 2)$$

$$\phi T = \sum_{\lambda} (\phi_i T(\lambda) + \phi L T) F(\lambda) R(\lambda)$$

【0041】ここで、 $F(\lambda)$ は光学フィルタ 4 の分光透過率特性、 $R(\lambda)$ は CCD 1 の分光感度特性である。画像の全輝度の内、目 e での拡散反射光束による輝度 ϕT の割合 K は、式 3 で与えられる。

【0042】

【数 3】

$$K = \phi T / (\phi R + \phi T) \quad (式 3)$$

【0043】即ち、上記割合 K が大きいほど目 e が良く観測できることになる。さて、ここで式 3 より明らかな

ように、眼鏡 g での反射 ϕR の ϕT に対する割合が大きく目が確認できない場合、近赤外光源6の点灯による ϕT を加えることにより ϕT の ϕR に対する割合が大きくなる。即ち、眼鏡レンズでの反射があっても近赤外光を加えることにより目を明瞭に観測できるようになる。図6は眼鏡 g のレンズ表面反射により目が観測されない図28の画像状態において、上記のごとく近赤外光源6を点灯させ運転者 p の顔面を照明したときの画像を示すもので、図示のごとく近赤外光源6による照明で目が明瞭に観測されている。

【0044】なお、ステップST32でNと判定された場合は外界が暗状態にある場合で、この場合はステップST41に進んで暗状態における照明制御を行う。

【0045】さて、次に眼鏡 g の反射の影響を無くするために近赤外光源6を励起した後、メインルーチンはステップST10に戻り前述の処理を順次行う。この次のステップST31では目が検出されているのでYと判定され、今度はステップST33に進む。続くステップST33乃至ST35は励起した近赤外光源6を停止させる処理である。即ち、目が検出できないときにはステップST40にて近赤外光源6を励起し、これにより眼鏡 g の反射に拘わらず目を検出できるようになる。ところで、眼鏡 g の反射は長時間に亘って続くようなものではなく、周囲の状況の変化に応じて比較的短期間でなくなるものである。そこで、ステップST33乃至ST35では、近赤外光源6を励起してから所定時間後に一旦赤外光の照射を停止させ、次のステップST31で目が検出されたら眼鏡 g の反射が無くなったと判断して近赤外光源6の停止状態を継続させると共に、目が検出できなければ眼鏡 g の反射が続いていると判断して続くステップST40で近赤外光源6を再度励起する。

【0046】具体的には、ステップST31で目検出フラグのONを確認すると、ステップST33で近赤外光源6の眼鏡反射除去用照明が行われているか否かを判定し、眼鏡反射除去用照明が行われている場合にはステップST34で照明の経過時間を調べ、所定時間を経過している場合にはステップST35で一旦眼鏡反射除去用照明を消すようにする。かかる所定時間は、眼鏡反射の持続時間を考慮すると数分以内でよい。かかる方法をとれば、外界が明るい状態での近赤外光源6の使用時間を最小限に押さえられる。

【0047】以上のようにして運転者の目が検出できるようになると、これに基づき運転者の状態を検出する。ステップST50の瞬目検出手段では抽出した運転者 p の目 e の開閉状態より運転者 p の瞬目を検出する。続くステップST60の居眠り判定手段では、かかる瞬目の状態に基づいて居眠りを判定し、居眠り状態に応じて警報手段ST70で運転者 p に警報を送出して覚醒させる。

【0048】さて、次に前述で省略した目抽出手段ST30の目抽出ルーチンについて説明する。図7において、まずステップST301で2値画像201の2値レベルを各々X軸方向、Y軸方向に積算して画像X軸ヒストグラムSUMX、Y軸ヒストグラムSUMYを図4に示すように求め、各ヒストグラムSUMY、SUMXの重心位置XFC、YFCを求めてこれを顔重心座標FC(XFC、YFC)とし、ステップST302で顔重心FCよりX軸方向にXECA、Y軸方向にYECA離れた点PERを起点としてX軸方向長さECAH、Y軸方向長さECAWの右の候補存在領域202を設定し、同様に点PELを起点とした同一の大きさの左の候補存在領域202を設定する。

【0049】続いて、ステップST303で、図8に示すように候補存在領域202内のY軸ヒストグラムSUMYを求めて、SUMYが所定の閾値SHL以上の領域を候補領域帯203とする。図では眉に対応する領域帯BER1、眼鏡枠に対応する領域帯BER2、目に対応する領域帯BER3が候補領域帯203として登録される。但し、図8では片側の候補存在領域202を示しており、当然ながら他側の候補存在領域202も同様に処理される。

【0050】さらに、ステップST304で、図9に示すように各候補領域帯203内のX軸ヒストグラムSUMXを求めて、ST305でSUMXが同様に所定の別の閾値SHL以上の領域を候補領域204として設定する。図では眉に対応する領域BER11、眼鏡枠に対応する領域BER21、目に対応する領域BER31が候補領域204として登録される。ステップST306では、登録された各候補領域204のX軸ヒストグラムSUMXよりその最大値SUMMAXや最大値からの偏差(SUMMAX - SUMX)の分散等を求めて、各候補領域204につき目評価関数を演算する。図に示すように目領域のSUMXは他の領域に比べ前記最大値および前記偏差の分散がいずれも大きいという特徴を持つ。

【0051】次に、ステップST307で候補領域204を一つずつ呼び出し、ステップST308で評価関数が目を示す所定範囲内にあるか否かを判定し、候補領域204が目と判定されなかった場合にはステップST309で候補領域204をインクリメントして次の候補領域につき同様の操作を行う。ステップST307で判定すべき候補領域204がなくなった場合はステップST312で目検出フラグをOFFした後、処理をメインルーチンに戻す。ステップST308で目と判定された候補領域204が存在した場合には、ステップST310で、上記目と判定された候補領域204の内最も下の候補領域204を目と同定し、ステップST311で目検出フラグをONして目抽出ルーチンを終了する。

【0052】以上のように、かかる実施例によれば、運転者 p の着衣する眼鏡 g に外部の景色等が映って反射した場合でも目が容易に観測できる。また、眼鏡 g に外部の景色が映らない状態では近赤外光源6を使用せずに済むため、近赤外光源6の使用時間を極力抑えることで、時間平均消費電力を低減するとともに近赤外光源6の寿命を延ばすことができるという利点がある。

【0053】実施例2. 上記実施例1においては明暗検出手段として照度センサ7を用いた場合を示したが、照度センサ7を用いなくても明暗の判定は可能である。即ち、明暗検出に外界の明暗状態を用いず運転者 p の近傍の明るさ、言い換えれば運転者 p の顔画像の輝度対応値より明暗を判定する方法をとっても良い。

【0054】図10は映像信号処理回路2のブロック図、図11は自動利得制御(Auto Gain Control)回路の制御特性図である。まず、映像信号処理回路2の動作について説明する。図10において、CCD制御回路20はCCD1の撮像タイミングと画像蓄積時間(以下シャッタ時間と呼ぶ)を制御するとともに撮像した画像を映像信号VOUTとして出力する。AGC制御回路22は利得可変増幅器21の出力を積分して画像平均輝度 L を求め、図11のごとく画像平均輝度 L に応じたAGC制御電圧VAGCを利得可変増幅器21にフィードバックして利得可変増幅器21の利得をAGC制御電圧VAGCが所定の目標制御電圧になるよう制御する。利得可変増幅器21により画像平均輝度が制御された映像信号VOUTは顔画像処理部bのA/D変換器11に入力されデジタル階調画像に変換される。

【0055】一方、AGC制御電圧VAGCは比較回路25、比較回路26において各々図11に示す下限輝度 L_l に

対応する電圧 V_l 、上限輝度 L_h に対応する電圧 V_h と比較され、各比較結果は電子シャッタ制御回路 27 に入力される。太陽の高度、向き、天候、影の有無等車両に対する外界の明るさ状態が変化して運転者 p の顔画像の画像平均輝度 L が AGC 制御回路 22 による制御範囲 $V_l \sim V_h$ を越えて変化した場合、例えば、輝度 L が下限輝度 L_l を下回った場合には電子シャッタ制御回路 27 はシャッタ時間を 1 段階増やし、逆に上限輝度 L_h を上回った場合にはシャッタ時間を 1 段階減らして、常に AGC 制御が成立するよう、即ち AGC 制御電圧 V_{AGC} が $V_l \sim V_h$ の範囲内になるよう CCD 制御回路 20 における CCD 1 のシャッタ時間を $1/60$ より $1/10000$ 秒まで多段階に制御するとともに、現状のシャッタ段階をシャッタ信号 SS として顔画像処理部 b の入力 I/F 10 に送出する。また、画像平均輝度 L に対応する AGC 制御電圧 V_{AGC} を増幅回路 23、バッファ 24 を介して電圧信号 V_{AGC} として、A/D 変換器 11 に送出する。

【0056】ところで、実施例 1 では詳細な説明を省略したが、外界が暗状態であるときの照明制御は次のように行われる。図 1 において、CPU 15 は入力 I/F 10 より照度センサ 7 の明暗信号と電子シャッタ制御回路 27 からのシャッタ信号 SS とを読み取り、共に、A/D 変換器 11 より画像平均輝度対応の AGC 制御電圧 V_{AGC} を読み取り、前記明暗信号より外界が暗い状態と判定した場合、シャッタ時間が常に $1/60$ 秒の範囲で AGC 制御が制御範囲にはいるような所定の発光量を演算して、出力 I/F 14 より照明制御回路 5 に照明制御信号を送出し近赤外光源 6 を点灯する。また、あるいは、前記明暗信号より外界が暗い状態と判定した場合、図示しないが CPU 15 より出力 I/F 14 を介して電子シャッタ制御回路 27 に制御信号を送出しシャッタ時間を $1/60$ 秒に固定したうえで近赤外光源 6 を点灯するとより好都合である。

【0057】さて、映像信号処理回路 2 は以上のように動作しているので、これを利用して照度センサ 7 を省略する。例えば、シャッタ速度が最低の $1/60$ 秒となり、かつ AGC 制御電圧 V_{AGC} の値を AGC 制御電圧の目標制御電圧に制御することができずその偏差が大きくなった場合は、光を受光する画像蓄積時間を最長であって、更に得られた画像信号を最大に増幅しても目標制御電圧まで達しない状態であるから、この場合は外界が暗い暗状態であると判定できる。また、外界が明るい明状態の判定は、シャッタ速度が $1/60$ 秒よりも短くなることにより行われる。即ち、この状態は画像蓄積時間が $1/60$ 秒よりも短くても AGC 制御電圧 V_{AGC} を目標制御電圧に一致させることができる状態であるから、外界は充分明るいものとみなすことができる。さらに、明状態の判定の別の方法として、シャッタ速度が $1/60$ 秒でありかつ近赤外光源 6 の点灯がされていない状態を明状態であると判定しても良い。即ち、CPU 15 はシャッタ速度が $1/60$ 秒でかつ AGC 制御電圧 V_{AGC} が目標制御電圧に達しないときに近赤外光源 6 を任意の発光量で照明する旨述べた。しかし、上記のようにシャッタ速度が $1/60$ 秒でかつ近赤外光源 6 の点灯が為されていない状態というのは、近赤外光源 6 を点灯させなくとも AGC 制御電圧 V_{AGC} を目標電圧に一致させることができる状態であり、よって外界が充分明るい明状態であると判定できる。

【0058】よって、実施例 2 においても実施例 1 と同等の効果が得られるとともに、照度センサ 7 等明るさを判定する特別のセンサは不要になる。

【0059】実施例 3. 実施例 3 は、運転者の眼鏡の反射による影響を無くする顔画像撮像装置に関するものであって、特に明暗検出手段を無くして簡易的な顔画像撮像装置を得るものである。

【0060】即ち、実施例 3 では明暗検出手段を用いず、図 2 においてステップ $ST31$ で目が非検出の場合に、ステップ $ST32$ を略して近赤外光源 6 を点灯するようにしており、その結果、外界の状態に拘わらず運転者の目を検出できないときは常に近赤外光を照射するものとなっている。さて、ここで上述の実施例では、昼間の明状態では運転者の目を検出できないときに限り近赤外光源 6 を励起し夜間などの暗状態ではそのような制御を行わないようにしているが、実施例 3 では夜間などの暗状態でも同様な制御が行われる。即ち、換言すると、上述の実施例では明暗状態を検出しているので暗状態で運転者が脇見をしているような場合には眼鏡レンズ反射の影響除去用の近赤外光を運転者に照射することはないが、実施例 3 では眼鏡レンズ反射の心配がない暗状態であっても目を検出できないければ近赤外光を照射してしまうというデメリットを有する。しかしながら、上述のように構成することにより装置の小型化、簡略化を図ることができしかも安価なものとすることができる。従って、実施例 3 によれば、眼鏡レンズ反射の影響を受けない簡略な顔画像撮像装置を得ることができる。

【0061】実施例 4. 実施例 4 は実施例 1 の変形例で、目を検出することができず、且つ、眼鏡フレームを検出したときは、眼鏡レンズの表面反射により目を検出することができない状態であると判定して近赤外光を運転者の顔面に照射するものである。図 12、図 13 はこの発明の実施例 4 を示すもので、図 12 は実施例 4 における運転者状態検出のフローチャート、図 13 は眼鏡検出のフローチャートである。以下、かかる実施例を図 1、図 9 を援用しつつ上図により説明する。

【0062】図 12 において、ステップ $ST10$ よりステップ $ST30$ の目抽出手段までを実行した後、ステップ $ST80$ の眼鏡検出手段で運転者 p が眼鏡 g を装着しているか否かを判定する。この眼鏡検出手段による眼鏡の検出方法は後にフローチャートを用いて詳しく説明する。次に、ステップ $ST31$ で目検出フラグを調査し、目検出フラグが OFF であった場合、続いてステップ $ST81$ で眼鏡検出フラグを調査し、眼鏡検出フラグが ON であった場合は、運転者が眼鏡を装着しており、且つ、目を検出できない状態であるから、目が抽出されない原因が眼鏡レンズの表面反射であるとしてステップ $ST40$ で出力 I/F 14 より照明制御回路 5 に眼鏡反射除去用照明制御信号を送出して近赤外光源 6 を点灯する。また、ステップ $ST31$ で目検出フラグが ON であった場合には、以下実施例 1 と同様、ステップ 33 ~ 70 を実行する。

【0063】では次に、眼鏡検出手段の動作について説明する。眼鏡検出は、まず図 13 のステップ $ST801$ で、上述の実施例 1 の候補領域 204 の X 軸ヒストグラム $SUMX$ を用いて眼鏡枠評価関数を演算する。図 9 に示すごとく眼鏡枠の $SUMX$ は眉と同じくほぼ平坦な特性を示し、したがって前記偏差 ($SUMX_{MAX} - SUMX$) の分散は目よりずっと小さくなる。また、眼鏡枠に対応する候補領域の幅 EAW は通常眉に比べてやや長くなる。眼鏡枠評価関数はこれら特徴を考慮して決定されている。次に、ステップ $ST802$ でステップ $ST30$ において目と同定された以外の候補領域 204 が存在するか否かを判定し、前記候補領域 204 が存在する場合には、ステップ $ST803$ で前記眼鏡枠評価関数をもとに候補領域 204 が眼鏡枠であるか否かを判定し、眼鏡枠でないと判定した場合にはステップ $ST804$ で候補領域 204 をインクリメントして次の候補領域につき同様の操作を行う。ステップ $ST802$ で判定すべき候補領域 204 がなくなった場合はステップ $ST809$ で眼鏡検出フラグ

をOFFした後、処理をメインルーチンに戻す。

【0064】次に、ステップST805でステップST802において左右の候補存在領域202内で眼鏡枠と判定された候補領域204の数を調べ、前記数が左右各2以上であった場合には、2つの判定眼鏡枠の内どちらかが真の眼鏡枠であるとして、ステップST808で眼鏡検出フラグをONする。候補存在領域202内で眼鏡枠と判定された目候補領域204の数が1以下である場合には、眉との区別をするため、ステップST806でその候補領域204の前記SUMXおよび前記EAW等を用いた眉評価関数を演算し、ステップST807で前記候補領域204の眉評価関数が所定の範囲内であるか否かを判定し、所定の範囲内でない場合のみ同様にステップST808で眼鏡検出フラグをONし、所定の範囲内であればあいには眉である可能性があるとしてステップST809で眼鏡検出フラグをOFFした後、メインルーチンに処理を戻す。これにより、運転者が眼鏡を装着しているか否かを判定することができる。

【0065】従って、かかる実施例においても、実施例1と同様の効果が得られるとともに、眼鏡の存在を確認することで、眼鏡レンズ反射が目が見えないと考えられる場合にのみ画像上で目が確認できるように確実に近赤外光源6を点灯させることができ、目の確実な検出及び時間平均消費電力の低減を図ることができる。

【0066】実施例5. 従来、外界が暗状態の時の照度不足を補うために暗状態用近赤外光照明手段を備えたものがある。これに対し上述の実施例では、更に運転者の目を確実に検出するための眼鏡レンズ反射の影響除去用の近赤外光源6を設けており、この近赤外光源6は、眼鏡レンズ反射の影響除去用の近赤外光照明手段としてだけでなく、照明制御回路5の制御プログラムを変更することにより暗状態用近赤外光照明手段をも兼ねることができる。ところで、暗状態で顔画像より目を抽出するための赤外光の発光量と、昼間の眼鏡レンズ反射の影響除去のための赤外光の発光量とは大きな差がある。そのため、両者を兼ね備えた場合は、暗状態において必要以上の発光量の赤外光を照射することになり電力の無駄である。そこで、実施例5では両者を分離して機能させることにより時間平均消費電力の低減を図っている。

【0067】図14、図15は実施例5を示すもので、図14は顔画像撮像装置を含む運転者状態検出装置の構成図、図15は暗状態の顔画像の例である。図14において、8はカメラ部cに近接して近赤外光の放射光軸がカメラ部cの撮像光軸と略平行でかつ近接するよう配置した同軸近赤外光源であり、ここでは全体としての光出力が約10mW以下程度の小出力のもので中心波長約900nmの近赤外LEDを用いた場合を示している。9はLED制御回路であり図10に示す映像信号処理回路2のシャッタ信号SSとAGC制御電圧VAGCが接続される。また、入力I/F10にはシャッタ信号SSがA/D変換器11には映像信号出力VOUTとAGC制御電圧VAGCが接続されており、照度センサ7は用いていない。

【0068】では、動作について説明する。外界が暗くなって運転者p上の輝度が低下すると、図10のAGC制御回路22、電子シャッタ制御回路27が働きシャッタ時間を下げていく。LED制御回路9はシャッタ時間が1/60秒となり、かつAGC制御電圧が所定値以下となった場合に暗状態と判断して近赤外LED8を点灯する。近赤外LED8は放射光軸がカメラ部cの撮像光軸と略同軸であるため、図15に示すように運転者pの瞳孔のみを明るく撮像できる。瞳孔は入射した光を略同方向に反射する性質を持っているため顔の他の部分に比べ同軸照明状態の輝度が際だって大きく、したがって顔の造作が画像として撮像できないほど弱い近赤外LED8を用いても瞳孔だけは図のごとく明るく撮像される。このとき、画像上の輝度は最大約7~8mm程度の大きさの瞳孔のみが大きいので、平均輝度はほとんど上がらない。図示しないが、かかる暗状態においては、メインルーチンのステップST20で運転者pの一对の瞳孔のみが白レベルとして2値化されるため、CPUは図2のステップST21を省略して画像メモリ13の2値画像を入力し、目抽出手段ST30において明状態時とは別のアルゴリズムと評価関数に基づき前記一对の瞳孔を検出して、瞳孔が瞬目時に顔により隠れることで瞬目を検出して、同様に居眠り判断を行う。

【0069】この実施例においては、上述の実施例で述べたように、シャッタ速度が1/60秒より短くなるかあるいはシャッタ速度が1/60秒でありかつAGC制御電圧VAGCが所定値以上である場合に明状態と判定する。そして、明状態での画像において実施例1と同様に目が検出されなかった場合に近赤外光源6を点灯する、あるいは明状態での画像において実施例4と同様に眼鏡が検出されかつ目が検出されなかった場合に近赤外光源6を点灯する。

【0070】従って、実施例5によれば、上述の実施例と同様の効果を奏するとともに、暗状態で通常使用する低消費電力の近赤外LED8と眼鏡レンズ反射の影響除去用の近赤外光源6とを分けることにより、撮像装置全体の時間平均消費電力をより低減できるとともに、近赤外光源6の使用が限定されより近赤外光源6を長寿命化することが可能になる。

【0071】なお上記実施例5においては、暗状態に近赤外LED8で運転者pの瞳孔を撮像するようにしたが、カメラ部cに近接して放射光軸がカメラ部cの撮像光軸と略平行でかつ近接するよう配置した他の近赤外光源を用いて瞳孔を撮像するようにしてもよい。

【0072】実施例6. 実施例6は、カメラの光軸上に光学フィルタを配置することにより、眼鏡レンズによる反射が起こったとしても目を確実に検出できるようにしたものである。図16乃至図19は実施例6の実施態様を示すものであって、図16は実施例6の顔画像撮像装置を含む運転者状態検出装置の構成図、図17は撮像部aの外観斜視図、図18は撮像部aの断面図、図19は複合光学フィルタの分光透過率特性図である。

【0073】図において、41、42はカメラ部cの撮像光軸上の撮像レンズ3の前面に重ねて配置した光学フィルタ、50は撮像部aのCCD1、撮像レンズ3、光学フィルタ41、42等を支持するハウジングで、近赤外LED8もかかるハウジング内に支持されている。51はCCD1、映像信号処理回路2、LED制御回路9が配置されたプリント基板、52は撮像部aの出力リードであり、近赤外LED8は実施例5と同じく中心波長約900nmのLEDを図17に示すようにレンズの開口31に近接してカメラ部cの撮像光軸と近赤外光の放射光軸とを略平行にして光学フィルタ41の後側に対称形に4カ所設けている。但し、近赤外LED8は図17と異なり光学フィルタ41を介さずに配置しても良い。

【0074】次に光学フィルタについて説明する。図19に示すように、光学フィルタ41は図の点線で示すように長波長透過フィルタ(LPF)であり、ここでは透過率50%点の波長が約500nmであるLPFを用いた例を

示しており、可視光及び赤外光を含む500nm以上の波長の光を透過させるようになっている。また、光学フィルタ42は帯域除去フィルタ(BRF)であり、ここでは透過率50%点の波長を650nm、850nmとし、可視光と近赤外光との狭間の前記650~850nm間の波長帯域を除去するBRFを用いた例を示している。かかるBRF42はガラス、プラスチック等の光学用透明基板上に誘電膜を多層積層した誘電多層膜フィルタを用い、LPF41は同様な誘電多層膜フィルタか、前記光学用透明基材に色素を拡散した安価な吸収型のフィルタを用いる。前記LPF41、BRF42は図18の如くの重ね合わされて複合光学フィルタ43を構成し、図中の実線のごとく眼鏡レンズのコーティングの透過率の高い波長帯約400~700nmの中央付近と、暗状態での撮像に用いる近赤外LED8の中心波長周囲の双方に高い分光透過率を示す。即ち、複合光学フィルタ43は、第一の通過帯域である400~700nmと第二の通過帯域である850nm以上の2つの通過帯域を有している。

【0075】上記複合光学フィルタ43により、暗状態では近赤外LED8を点灯して前記近赤外LED8の中心波長周囲の高い分光透過率により前記実施例5のごとく運転者pの瞳孔を撮像し、運転者の状態、即ち居眠りなどを検出する。また、明状態では波長500~650nm間と850nm以上の高い分光透過率により外光の内の前記2つの波長領域の成分により運転者pの顔画像を撮像する。ところで、前記従来の可視カットフィルタ4を用いた場合にはフィルタ4の阻止域での眼鏡レンズの分光反射率が低く、逆にフィルタ4の透過域での眼鏡レンズの分光反射率が高いため、目の見え方を示すKの値が小さくなり、図28に示すごとくほとんど目が撮像できない。これに対し本実施例の複合光学フィルタ43においては、眼鏡レンズの可視波長の分光反射率の低い領域で高い透過率を持たせているため、前記可視領域での目からの拡散反射光束φiがCCD1に効率よく取り込まれて、前記割合Kが大きくなり、図6に示すごとく目ははっきりと撮像できる。

【0076】即ち、かかる実施例においては、眼鏡レンズの透過率の高い可視波長域と暗状態の運転者p撮像用の近赤外照明に対応した近赤外波長域の双方に通過帯域を持つ複合光学フィルタ43を用いて、明状態に太陽光の前記可視と近赤外の通過波長帯域成分で眼鏡gを着装した運転者pの顔を撮像することにより、眼鏡レンズの表面反射が存在しても特別の反射除去用照明を用いることなく目を明瞭に撮像できるという利点がある。

【0077】実施例7. 実施例7は実施例6の変形例で、実施例6に比し更に明瞭な顔画像を得るものである。図20は実施例7の複合光学フィルタ45の分光透過率特性図を示すもので、実施例6の図19の複合光学フィルタ43に、さらに透過率50%点の波長が約950nmの短波長透過フィルタ(HPF)44を重ねて、図示のごとく、眼鏡レンズのコーティングの透過率の高い波長帯約400~700nmの中央付近と、暗状態における撮像に用いる近赤外LED8の中心波長周囲のみ透過波長帯を限定した複合光学フィルタとしている。なお前記HPF44は前記BRF42と同様に誘電多層膜フィルタを使用するのがよい。かかる複合光学フィルタ45を実施例6と同様にカメラ部cの撮像レンズ3の前面に配し、暗状態では近赤外LED8を点灯して運転者pの瞳孔を撮像すると共に、明状態では外光の内の波長500~650nm間と850~950nm間の成分のみにより運転者pの顔画像を撮像する。ここで、第一の通過帯域は500~650nmの波長域であると共に、第二の通過帯域は850~950nmの波長域である。

【0078】かかる複合光学フィルタ45の使用によれば、暗状態の撮像に用いる近赤外光の照明の波長域と、可視領域での目からの拡散反射光束φiを含む可視波長域との2つの波長域のみの光を透過するので、これら以外の波長域の外乱光を除去できる。このため、眼鏡レンズのさらに長波長側、即ち700nm以上の波長域で発生する大きな反射を除去することができ、眼鏡レンズの表面反射が存在していても目をより明瞭に撮像できるとともに、必要以外の波長域の光をカットしているため周囲に存在するノイズ光がカメラに侵入することが無く暗状態における運転者pの撮像S/N比を向上できるという利点がある。

【0079】実施例8. 実施例8は、顔画像装置の簡略化に関するものである。上記実施例6、7においてはLPF41、BRF42、HPF44を各々別体のフィルタとしたが、例えば吸収型LPF41の基板の片面に誘電多層膜を積層してBRF42を形成したり、透明基板の両面に誘電多層膜を積層して片面にLPF41を、他面にBRF42を形成すれば1枚の基板で図19の実線に示す分光透過率特性を持つ複合光学フィルタ43が形成できる。また、吸収型LPF41の基板の両面に誘電多層膜を積層して片面にBRF42を、他面にHPF44を形成すれば1枚の基板で図20の実線に示す分光透過率特性を持つ複合光学フィルタ45が形成できる。よって、これらの方法によれば複合光学フィルタ45を薄型化でき、かつ安価に製作できるとともに、複数のフィルタの位置合わせという煩わしい問題も発生しない。

【0080】実施例9. 実施例9は上述の実施例の組み合わせに関するものであって、眼鏡レンズの表面反射が比較的に強い場合であっても、その影響を受けることが無いというものである。図示しないが、上記実施例6、7に示す複合光学フィルタ43あるいは複合光学フィルタ45を、実施例1あるいは実施例5に示すカメラ部cの光学フィルタ4と置き換えることにより、眼鏡レンズ反射の影響をさらに低減できる。即ち、前記複合光学フィルタ43あるいは複合光学フィルタ45を使用したカメラ部cを用いて運転者pを撮像することにより眼鏡レンズの表面反射の影響をまず減じた上で、さらに実施例1乃至実施例5と同じく、周囲環境あるいは前記運転者pの顔面近傍が明状態かあるいは運転者pの眼鏡が検出された状態のいずれかの状態にかつ目が検出できない場合に出力I/F14を介して照明制御回路5に眼鏡反射除去用照明制御信号を送出して近赤外光源6を点灯する。

【0081】かかる実施例によれば、晴天時に白い雲や、白い壁等が眼鏡レンズに映ったような極めて眼鏡レンズの表面反射の強い状態においても、近赤外光源6を点灯して、レンズ反射の影響を確実に排除して目を明瞭に撮像できる。また、通常生じる眼鏡レンズの表面反射程度では複合光学フィルタ43あるいは複合光学フィルタ45のみで目を明瞭に撮像できるため、目を検出できない状態の発生頻度が少なくなり、これにより近赤外光源6の明状態での使用頻度が少なくなり寿命をさらに延伸できるという利点がある。

【0082】実施例10. 実施例10は、2つの光学フィルタを切り換えて使用するものであって、これにより眼鏡レンズ反射の影響除去のための近赤外光源6を設けることなく目を明瞭に検出することができるというものである。図21乃至図24は実施例10を示すもので、図21は実施例10の顔画像撮像装置を含む運転者状態検出装置の構成図、図22は撮像部aの断面図、図23はフィルタ交換部の斜視図、図24は片側の光学フィルタ46の分光透過率特性図である。

【0083】図において、46は眼鏡レンズコーティングの透過率の高い可視領域にのみ通過帯域を持つ第一の

光学フィルタであって、図24に示すごとく透過率50%波長が500nm、650nmであるバンドパスフィルタ(BPF)である。47は暗状態の運転者pの照明用としての近赤外光源の波長域に透過波長を合わせた第二の光学フィルタであり、例えば近赤外光源として上記実施例5のごとく中心波長900nmの近赤外LED 8を用いた場合には通常の可視カットフィルタを用いても良いが、波長900nmを中心とする半値幅100nm程度のBPFを用いれば照明光以外の外乱光成分を除去できて有利である。なお、眼鏡レンズコーティングの透過率の高い可視領域は第一の通過帯域であって、暗状態の運転者pの照明用としての近赤外光源の波長域は第二の通過帯域である。60は第一の光学フィルタ46と第二の光学フィルタ47を切り換えるフィルタ交換手段であり、撮像部aのハウジング50内に内蔵されている。第一の光学フィルタ46と第二の光学フィルタ47はレンズ3の前面側に配しても良いが、ここではレンズ3の後面側に配して、フィルタ交換手段60を小型化するとともに、透過波長帯に応じてフィルタ基板の厚さ、材質即ち屈折率を換えてレンズ3の実効焦点距離を換えることによりレンズ3の色収差を補正している。48は反射防止コートを施したガラス等の透明保護部材である。

【0084】フィルタ交換手段60は、フィルタを交換する駆動力を発生するモータ61と、このモータ61に信号を与えるリード62と、モータ61の回転を減速するギヤボックス63と、突起状のローラピンを有しギヤボックス63からの回転力を受けて回転する回転カム板64と、L字状の形状を有しその一面に2つのフィルタを支持すると共に他方の面にローラピンを挿入する長穴を備えたフィルタ支持板65とから構成されている。

【0085】実施例10の動作について説明する。まず、装置リセット時には可視域を通す第一の光学フィルタ46が撮像軸上に配置されており、明状態ではかかる第一の光学フィルタ46を通して運転者pの顔画像がフィルタの透過波長域の成分光で撮影される。この場合、前記第一の光学フィルタ46の透過波長域が眼鏡レンズの分光反射率の低い波長域に合せてあるため、運転者pの着する眼鏡gのレンズ表面反射があってもその反射光は第一の光学フィルタ46によりカメラへの入射を阻止される。一方、目からの拡散反射光束φ1tの内、第一の光学フィルタ46の通過帯域の波長成分は第一の光学フィルタ46に阻止されることなくカメラへ入射し、これにより目を明瞭に撮像することができる。外界が暗くなり、運転者pの顔画像の平均輝度が低下すると映像信号処理回路2はAGC制御を行うとともにシャッタを開放側に制御する。かかる状態で実施例5と同様の明暗判定が行われ、暗状態と判定された場合にはフィルタを第二の光学フィルタ47に切り換える。プリント基板51上の映像信号処理回路2による明暗信号が暗状態を示す信号を出力するとCPU 15はリード62を介してモータ61に駆動信号を与え回転させる。モータ61の回転は、モータ61と連結したギヤボックス62で回転数が下げられ回転カム板64を半回転させる。この回転運動は、フィルタ支持板65の長穴とこの長穴に挿入された回転カム板64のローラピンとにより直線運動に変換され、フィルタ支持板65を撮像軸に対し垂直に移動させて第一の光学フィルタ46を第二の光学フィルタ47に切り換える。また、このとき近赤外LED 8を点灯して運転者の顔を照明し瞳孔を撮像する。

【0086】逆に、外界が暗状態から明状態になった場合、即ち夜間から朝になった場合は近赤外LED 8の近赤外光の他に太陽光が加わることになる。従って、第二の光学フィルタ47は、近赤外LED 8の照射光と、太陽光の近赤外光の成分とを通過させる。これにより運転者pの顔画像の平均輝度が上がり、この輝度の上昇に基づき映像信号処理回路2が暗状態から明状態になったと判定し、CPU 15に明状態を示す信号を出力する。CPU 15は、明状態を示す信号を受け、前述とは逆の方向にモータ61を回転させ、光学フィルタを第二の光学フィルタ47から第一の光学フィルタ46に切り換えるとともに、近赤外LED 8を消灯する。

【0087】かかる実施例においては、明状態には眼鏡レンズの表面反射の影響のない可視波長域のみを用いて運転者pを撮像するため、眼鏡レンズ反射が存在しても特別な反射除去用照明を用いることなく目を明瞭に撮像できるとともに、暗状態には運転者pを照明する近赤外光源の波長域のみで運転者pを撮像するため、外乱光が除去され運転者pの撮像S/N比を向上できるという利点がある。

【0088】実施例11、実施例11は、実施例1と実施例10を組み合わせることにより眼鏡レンズの表面反射の影響を極めて低減させるものである。即ち、実施例11では、上記実施例10に示すフィルタ交換手段60を持つカメラ部cと、実施例1で説明した照度センサ7等の明暗検出手段と、照明制御回路5と、眼鏡レンズ反射の影響を除去するための近赤外光源6とを備えている。従って、明状態には眼鏡レンズコーティングの透過率の高い可視領域にのみ通過帯域を持つ第一の光学フィルタ46に切り換えて運転者pの顔画像を撮像してレンズ表面反射の影響をまず減じた上で、さらに実施例1乃至実施例5と同じく、周囲環境あるいは前記運転者pの顔面近傍が明状態あるいは運転者pの眼鏡が検出された状態のいずれかの状態でかつ目が検出できない場合に出力I/F 14を介して照明制御回路5に眼鏡反射除去用照明制御信号を送出して近赤外光源6を点灯する。

【0089】かかる実施例によれば、実施例9と同様極めてレンズ表面反射の強い状態においても、近赤外光源6を点灯して、レンズ反射の影響を確実に排除して目を明瞭に撮像できるとともに、通常生じるレンズ反射程度では第一の光学フィルタ46のみで目を明瞭に撮像できるため、近赤外光源6の明状態での使用頻度が少なくなり寿命をさらに延伸できるという利点がある。

【0090】なお、上記実施例6乃至実施例11においては、暗状態に近赤外LED 8で運転者pの瞳孔を撮像するようにしたが、実施例1のごとくハロゲンランプやキセノンランプ等の光源の近赤外域や近赤外LEDを多数束ねた近赤外光源6で運転者の顔を照明して撮像するようにしてもよい。

【0091】また、上記各実施例においては車両の運転手の居眠り等を検出するための顔画像撮像装置について示したが、当然のことながら、一般的に検出対象者の顔画像を画像処理して前記検出対象者の目を検出し前記検出対象者の状態を検知する人物状態検出装置に用いる顔画像撮像装置として利用できる。

【0092】

【発明の効果】この発明は、上述の如き構成を有しているので、以下に示すような効果を奏する。

【0093】この発明に係る顔画像撮像装置によれば、目検出手段が検出対象者の目を検出していないとき赤外光照明手段を励起して検出対象者の顔を照明するので、運転者が装着している眼鏡の反射による影響を低減することができる。

【0094】また、この発明に係る顔画像撮像装置によれば、明暗検出手段が明状態を検出しかつ目検出手段が検出対象者の目を検出していない状態である場合に赤外光照明手段を励起して検出対象者の顔を照明するの

で、消費電力を軽減することができる。

【0095】また、この発明に係る顔画像撮像装置によれば、2次元撮像手段により撮像された検出対象者の顔面を含む画像の輝度が所定の輝度以上であるか否かに基づき明状態あるいは暗状態を判定するので、装置の構成を簡略化することができる。

【0096】また、この発明に係る顔画像撮像装置によれば、赤外光照明手段を励起してから所定時間経過した際に赤外光照明手段を一旦停止させるので、赤外光照明手段を必要なときに励起することができる。

【0097】また、この発明に係る顔画像撮像装置によれば、眼鏡検出手段が眼鏡を検出しかつ目検出手段が検出対象者の目を検出していない状態である場合に赤外光照明手段を励起して検出対象者の顔面を照明するので、消費電力を軽減することができる。

【0098】また、この発明に係る顔画像撮像装置によれば、明暗検出手段が暗状態を検出しているとき検出対象者の顔面を光学フィルタを通過する赤外光で照明する暗状態用赤外光照明手段を有し、暗状態用赤外光照明手段と目検出手段が検出対象者の目を検出していないとき励起される赤外光照明手段とを別々に機能させるので、消費電力を低減させることができる。

【0099】また、この発明に係る顔画像撮像装置によれば、所定の波長域の可視光と所定の波長以上の赤外光とを通過させ検出対象者の顔画像を撮像するので、簡単な構成で運転者が装着している眼鏡の反射の影響を低減させることができる。

【0100】また、この発明に係る顔画像撮像装置によれば、所定の波長域の可視光と所定の波長域の赤外光とのみにより検出対象者の顔画像を撮像するので、より明瞭な画像を得ることができる。

【0101】また、この発明に係る顔画像撮像装置によれば、所定の波長域の可視光と所定の波長以上の赤外光とにより検出対象者の顔画像を撮像すると共に、該顔画像で目を検出できなかった場合は赤外光照明手段を励起して検出対象者の顔面を照明するので、運転者が装着している眼鏡の反射が比較的に強い場合であってもその影響を低減させることができる。

【0102】また、この発明に係る顔画像撮像装置によれば、明暗検出手段が明状態を検出しているとき2次元撮像手段の光軸上に第一の光学フィルタを配置すると共に、明暗検出手段が暗状態を検出しているとき2次元撮像手段の光軸上に第二の光学フィルタを配置するので、目を明瞭に検出できると共に運転者が装着している眼鏡の反射の影響を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

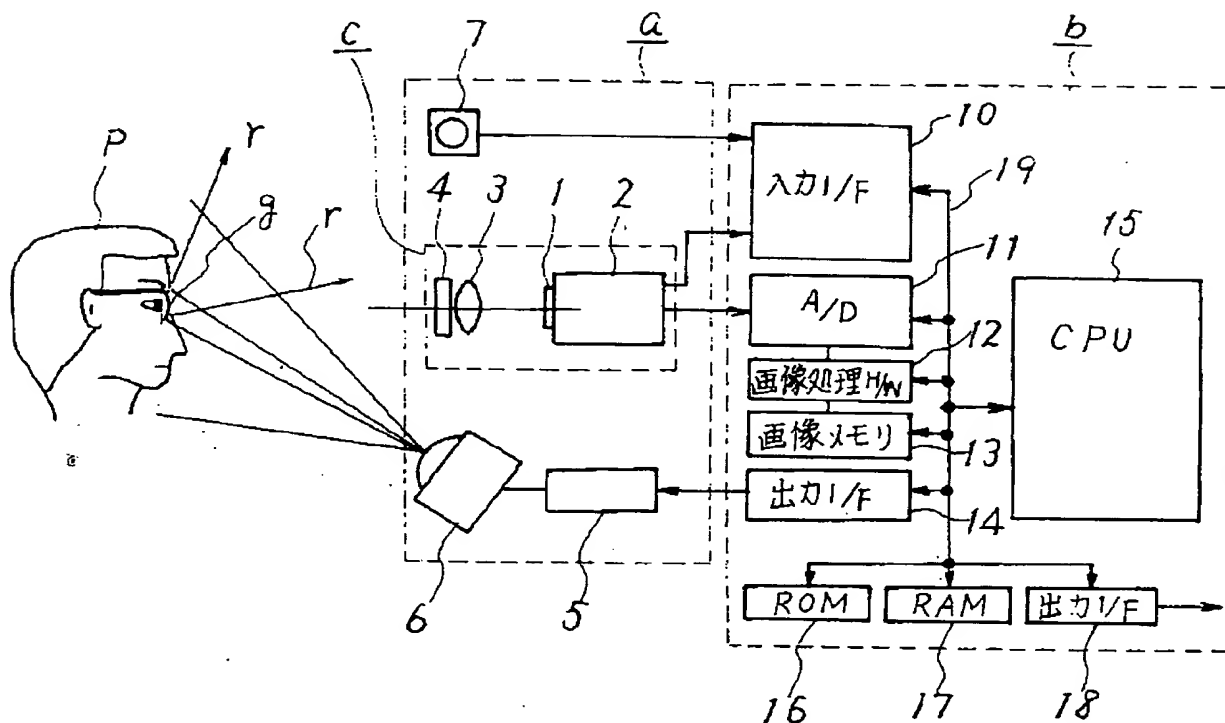
- 【図1】 実施例1の顔画像撮像装置を含む運転者状態検出装置の構成図である。
- 【図2】 実施例1の運転者状態検出のフローチャートである。
- 【図3】 眼鏡を着装した運転者の顔画像の模式図である。
- 【図4】 目存在領域設定の説明図である。
- 【図5】 運転者の顔面での光反射の説明図である。
- 【図6】 実施例1の顔画像撮像装置で撮像した明状態の眼鏡装着時の顔画像の例である。
- 【図7】 目抽出に関するフローチャートである。
- 【図8】 目存在領域のX軸ヒストグラムである。
- 【図9】 候補領域のX軸ヒストグラムである。
- 【図10】 映像信号処理回路のブロック図である。
- 【図11】 自動利得制御回路の制御特性図である。
- 【図12】 実施例4の運転者状態検出のフローチャートである。
- 【図13】 実施例4の眼鏡検出のフローチャートである。
- 【図14】 実施例5の顔画像撮像装置を含む運転者状態検出装置の構成図である。
- 【図15】 暗状態の顔画像の例である。
- 【図16】 実施例6の顔画像撮像装置を含む運転者状態検出装置の構成図である。
- 【図17】 実施例6の撮像部aの外観斜視図である。
- 【図18】 実施例6の撮像部aの断面図である。
- 【図19】 複合光学フィルタの分光透過率特性図である。
- 【図20】 実施例7の複合光学フィルタの分光透過率特性図である。
- 【図21】 実施例10の顔画像撮像装置を含む運転者状態検出装置の構成図である。
- 【図22】 実施例10の撮像部aの断面図である。
- 【図23】 実施例10のフィルタ交換部の斜視図である。
- 【図24】 実施例10の片側の光学フィルタの分光透過率特性図である。
- 【図25】 従来の顔画像撮像装置を含む運転者状態検出装置の構成図である。
- 【図26】 各種眼鏡レンズの分光反射率特性図である。
- 【図27】 従来の顔画像撮像装置に用いる可視光カットフィルタの分光透過率特性図である。
- 【図28】 従来の顔画像撮像装置により撮影された明状態の眼鏡装着時の顔画像の例である。

【符号の説明】

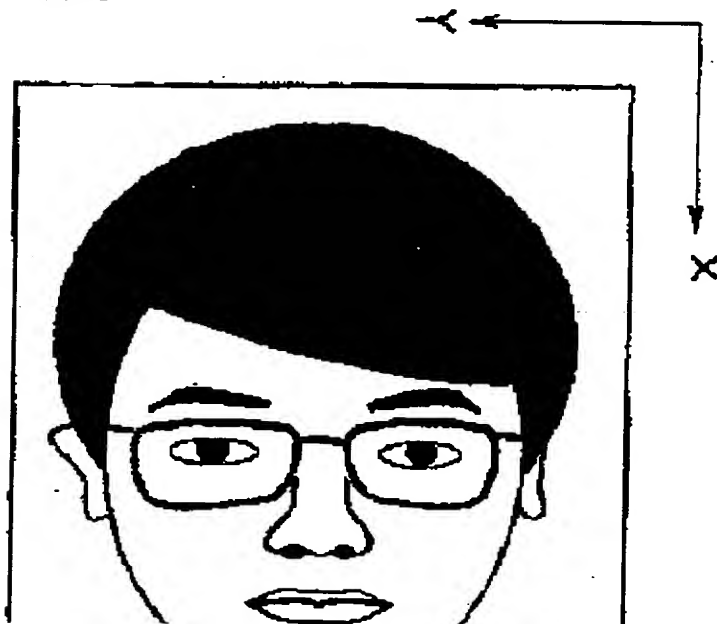
- | | |
|---------------|------------------|
| a 顔画像撮像部 | b 顔画像処理部 |
| c カメラ部 | g 眼鏡 |
| p 運転者 | 1 CCD |
| 2 映像信号処理回路 | 3 撮像レンズ |
| 4 可視カットフィルタ | 4 3、4 5 複合光学フィルタ |
| 4 6 第一の光学フィルタ | 4 7 第二の光学フィルタ |
| 5 照明制御回路 | 6 近赤外光源 |
| 7 照度センサ | 8 近赤外LED |
| 9 LED 制御回路 | 1 0 入力I/F |

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1 1 A/D 変換器 | 1 2 画像処理 H/W |
| 1 3 画像メモリ | 1 4、1 8 出力 I/F |
| 1 5 CPU | 1 6 ROM |
| 1 7 RAM | 2 0 CCD 制御回路 |
| 2 1 利得可増幅器 | 2 2 AGC 制御回路 |
| 2 3 増幅回路 | 2 4 バッファ |
| 2 5、2 6 比較回路 | 2 7 電子シャッタ制御回路 |
| 6 0 フィルタ交換手段 | 1 0 1 CCD |
| 1 0 2 映像信号処理回路 | 1 0 3 撮像レンズ |
| 1 0 4 可視カットフィルタ | 1 0 5 照明制御回路 |
| 1 0 6 近赤外光源 | 1 2 1 入力 I/F |
| 1 2 2 A/D 変換器 | 1 2 3 画像処理 H/W |
| 1 2 4 画像メモリ | 1 2 5 CPU |
| 1 2 6 ROM | 1 2 7 RAM |
| 1 2 8 出力 I/F | 1 2 9 バス |

【図 1】



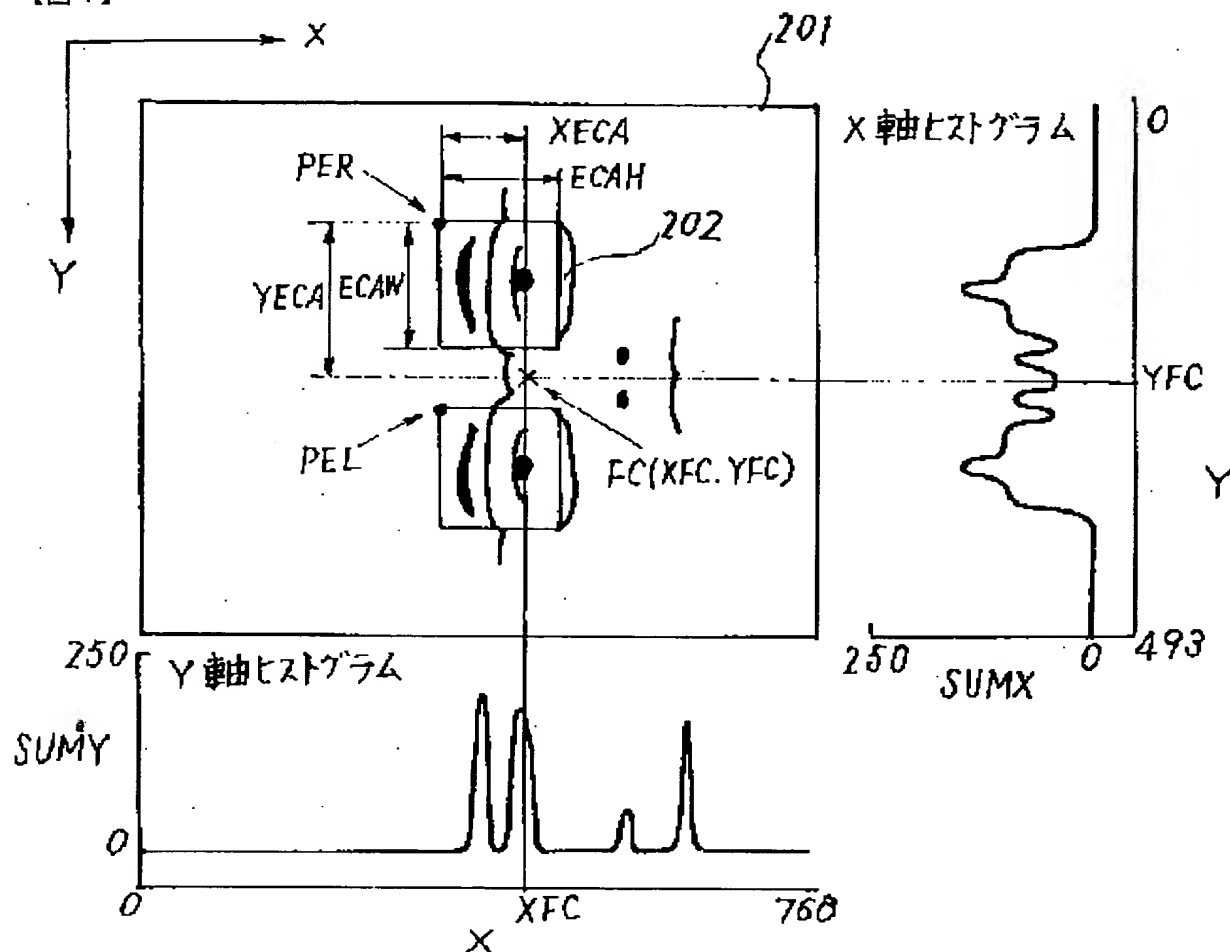
【図 3】





【図4】

BEST AVAILABLE COPY



SUMY: Y方向画素積算値

SUMX: X方向画素積算値

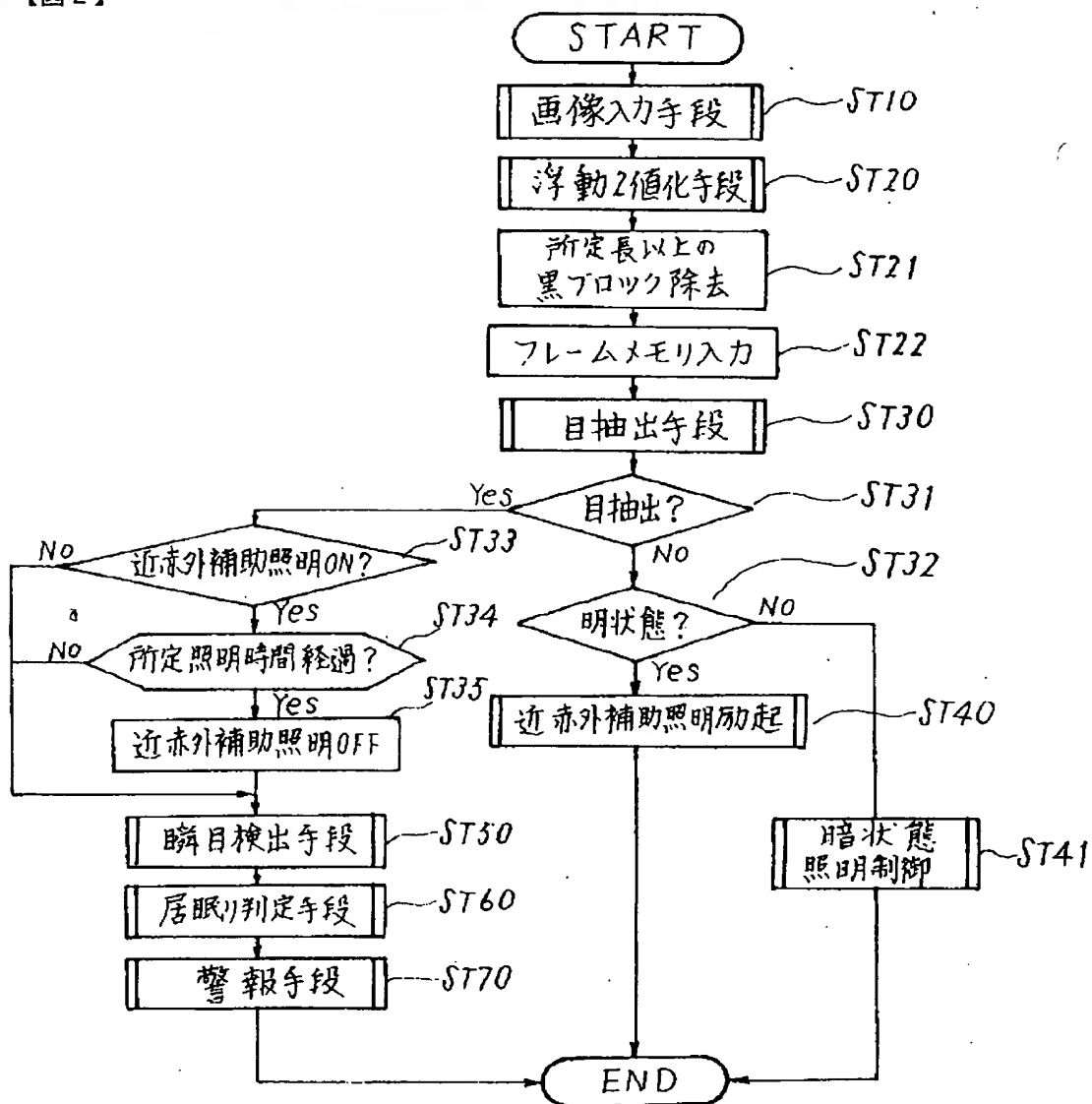
【図6】



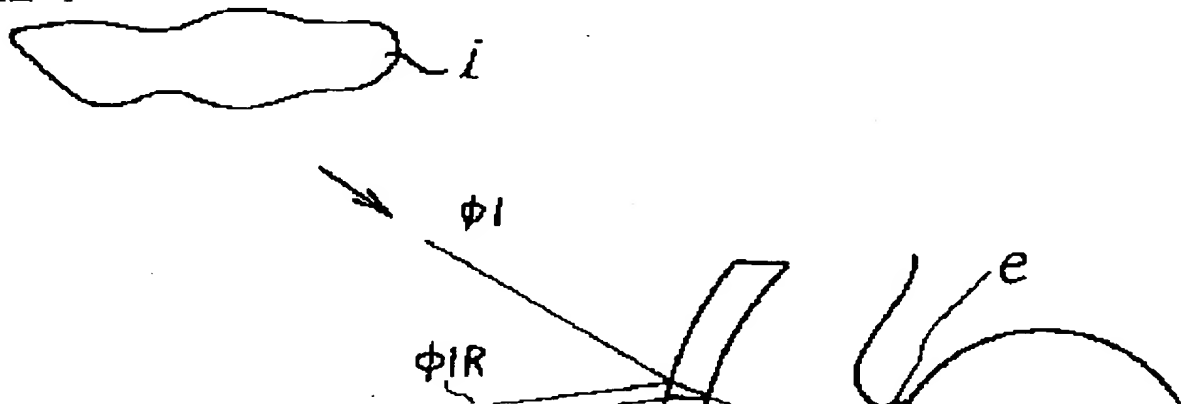


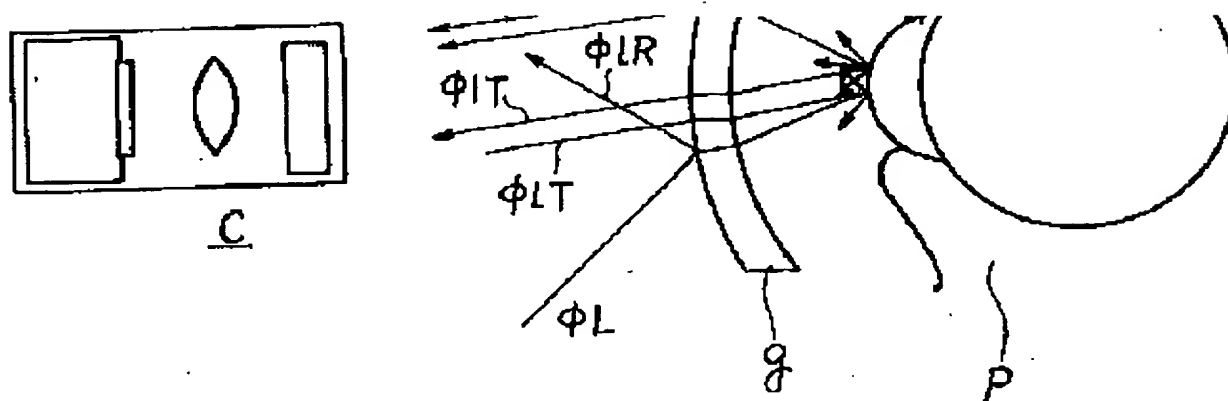
【図2】

BEST AVAILABLE COPY

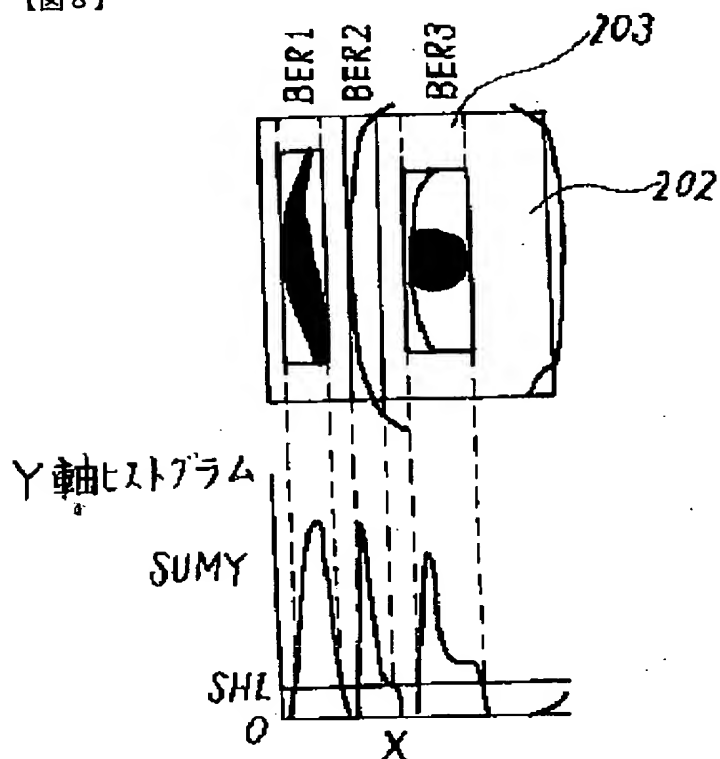


【図5】

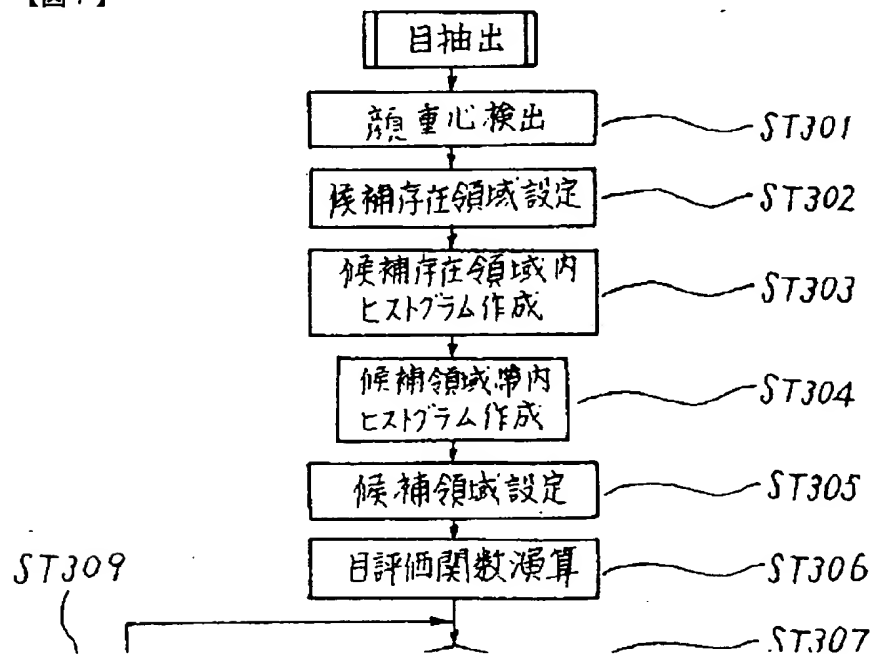


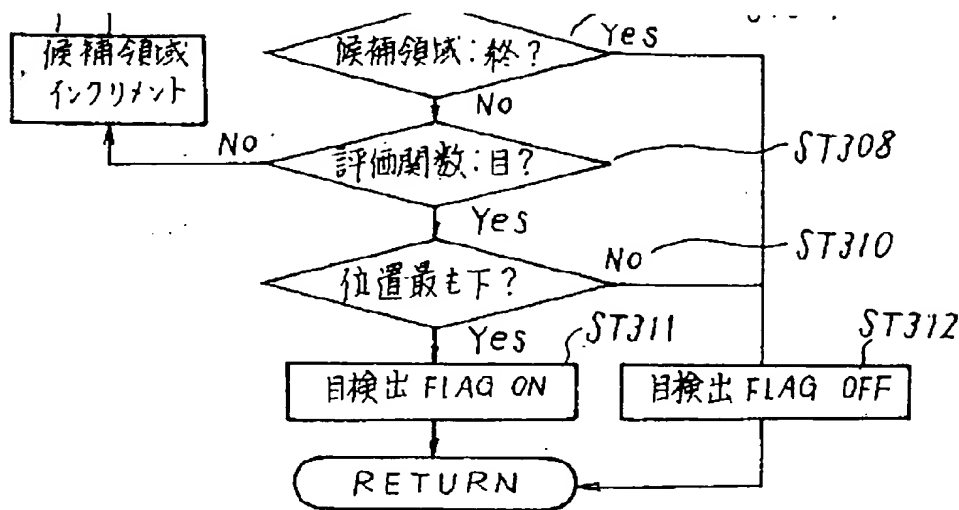


【図8】

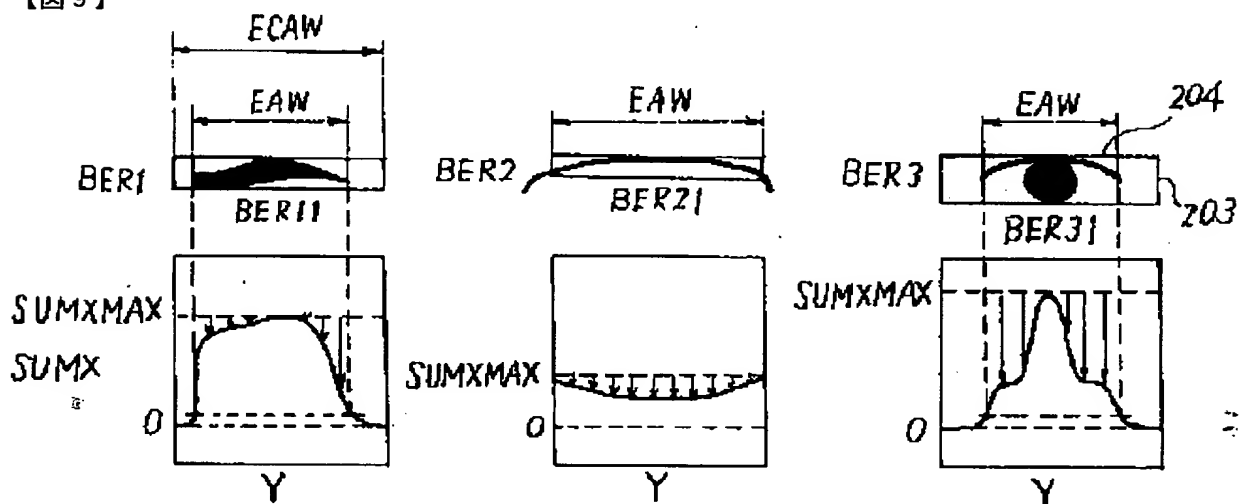


【図7】



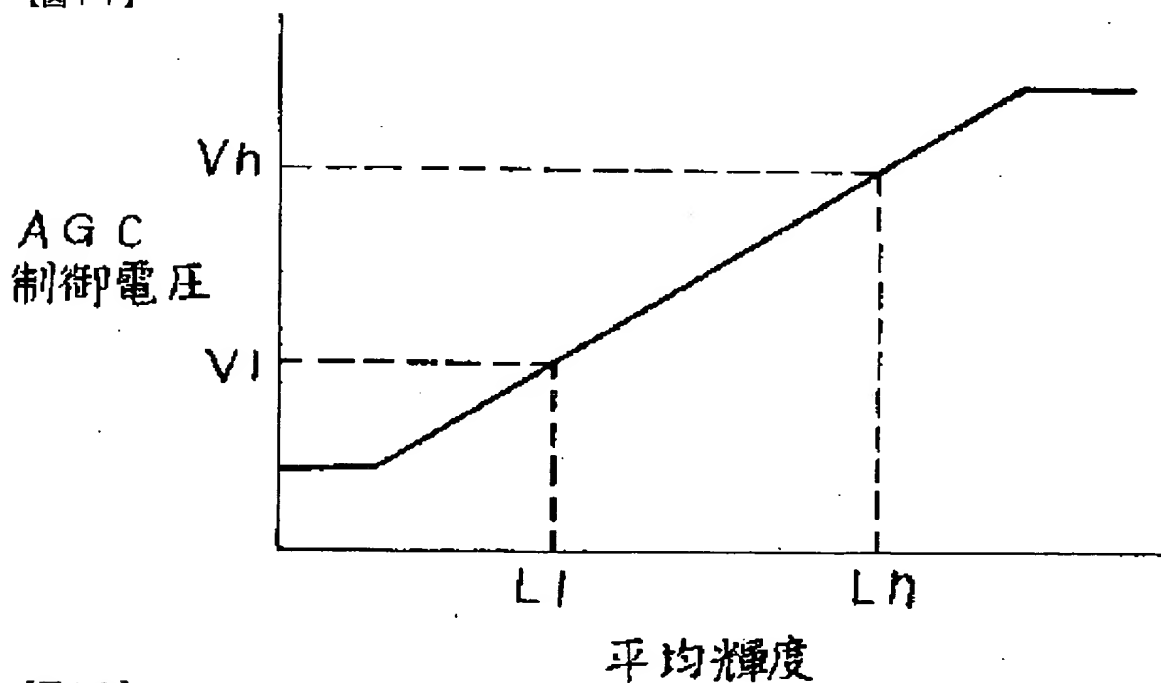


【図9】

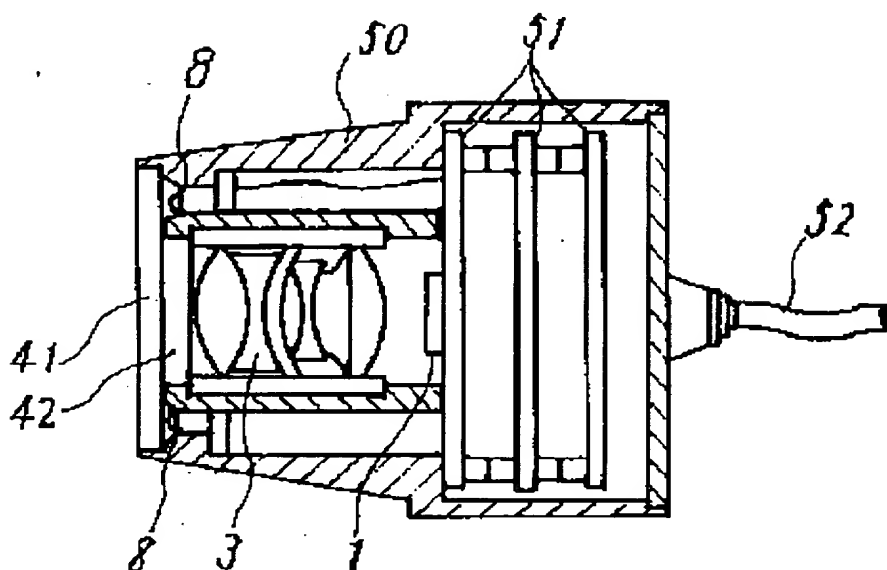


SUMX: X方向画素積算値

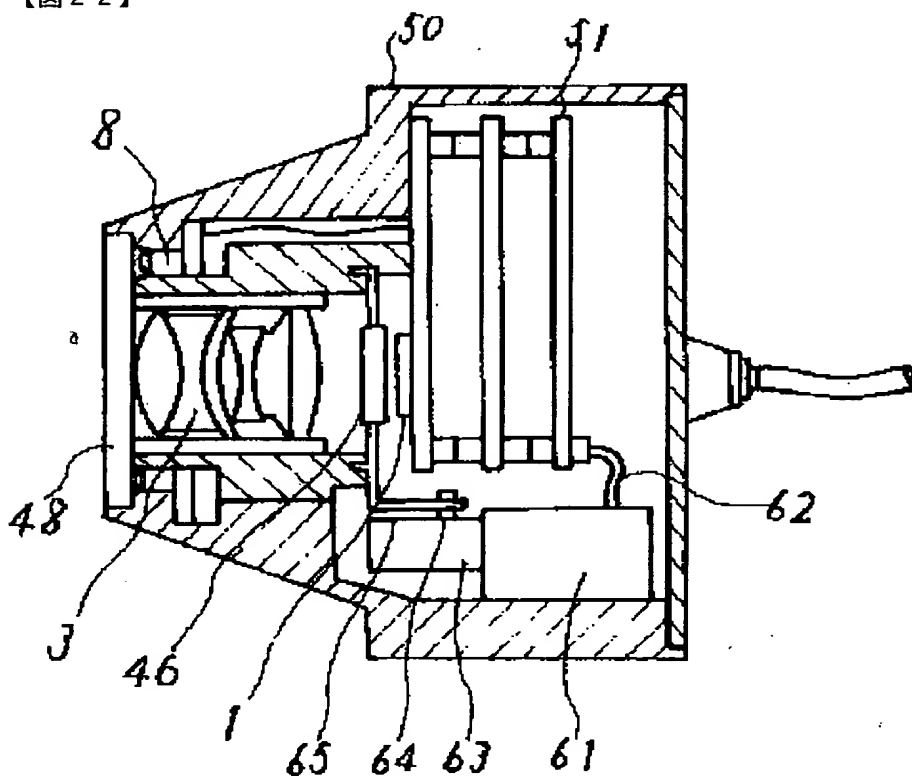
【図11】



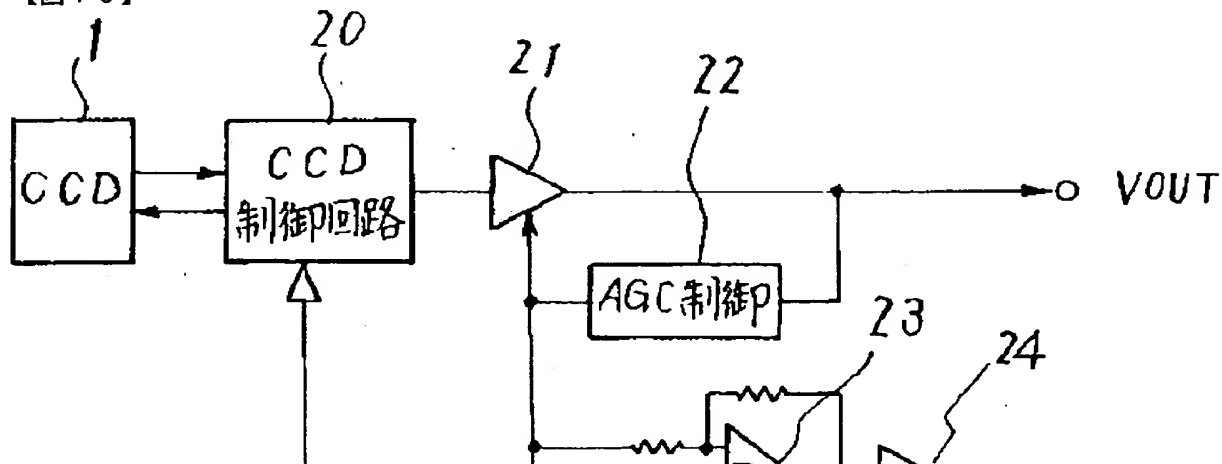
【図18】

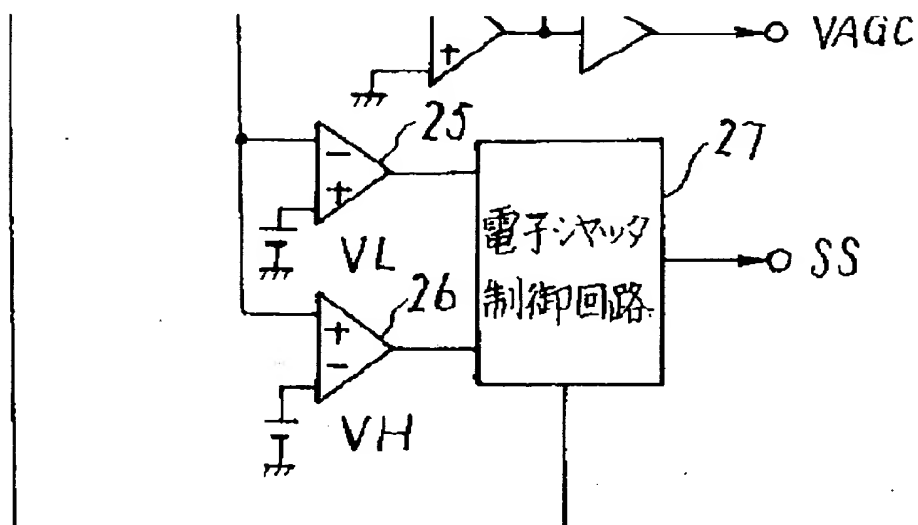


【図22】

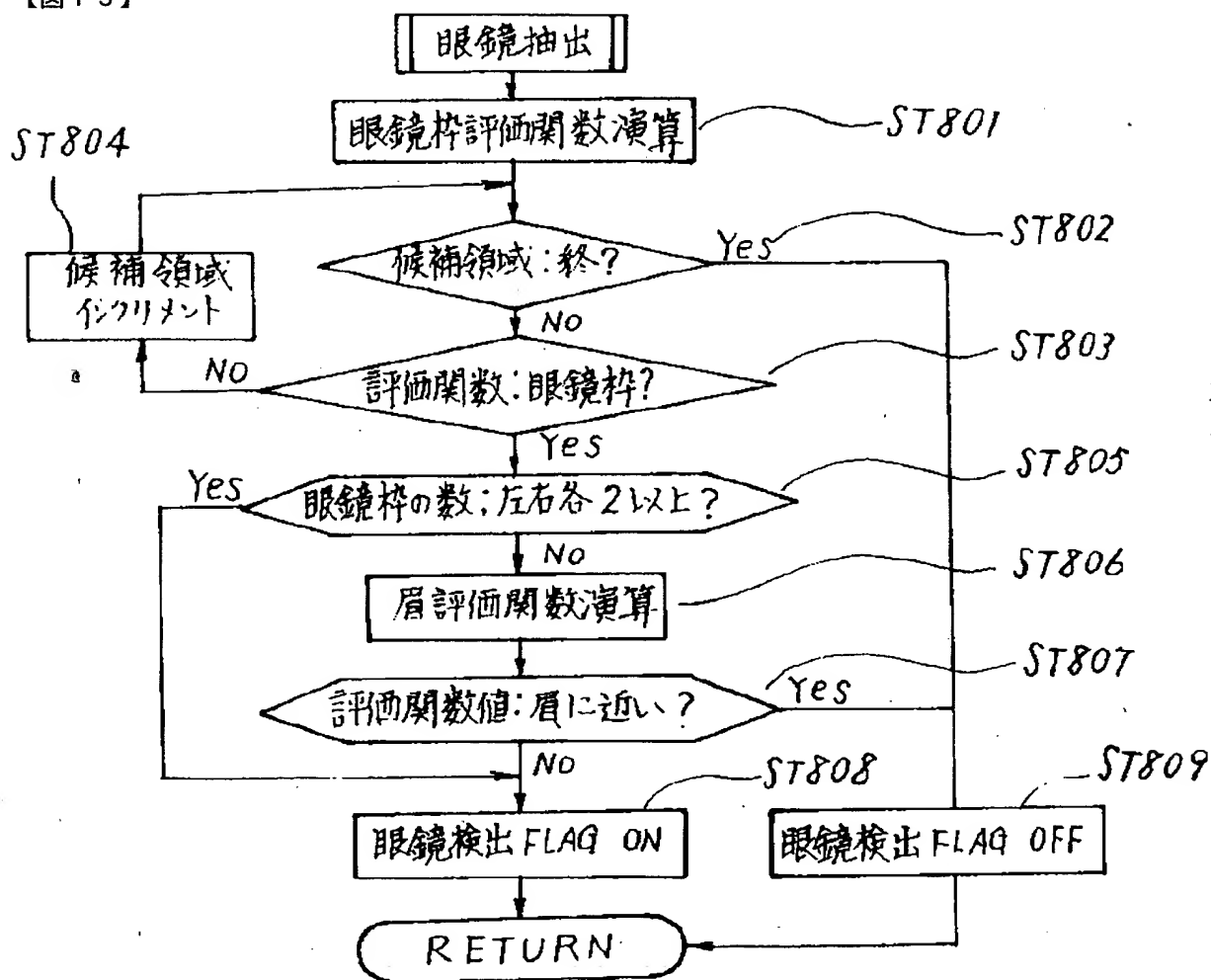


【図10】

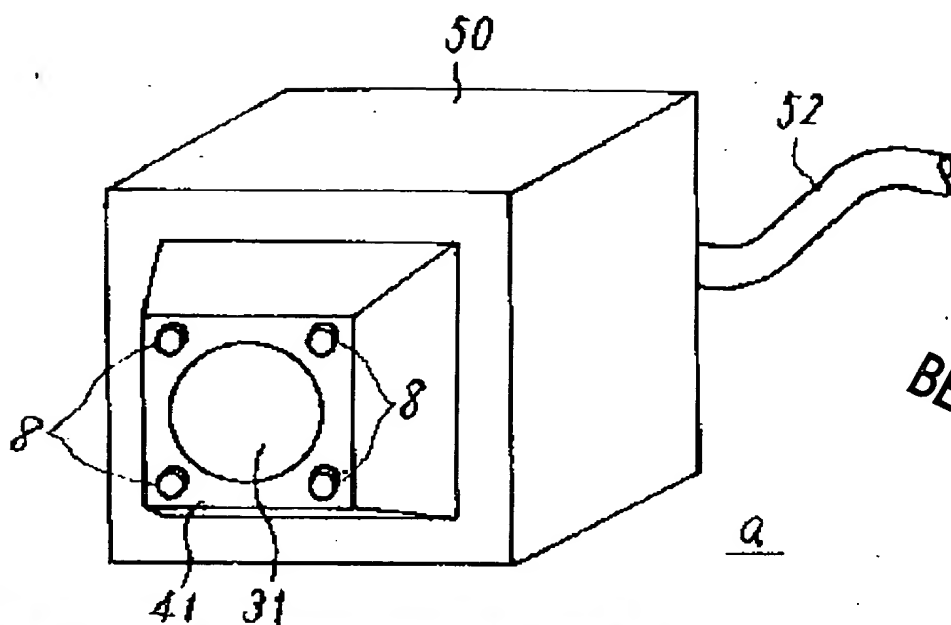




【図13】



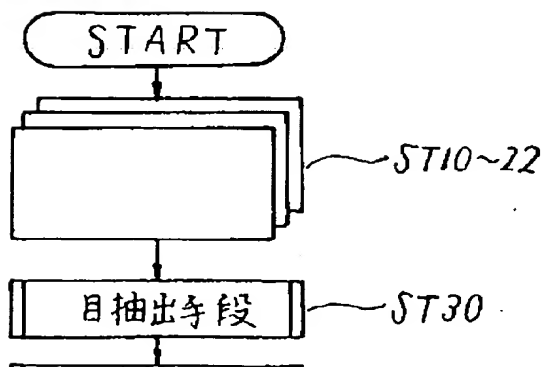
【図17】

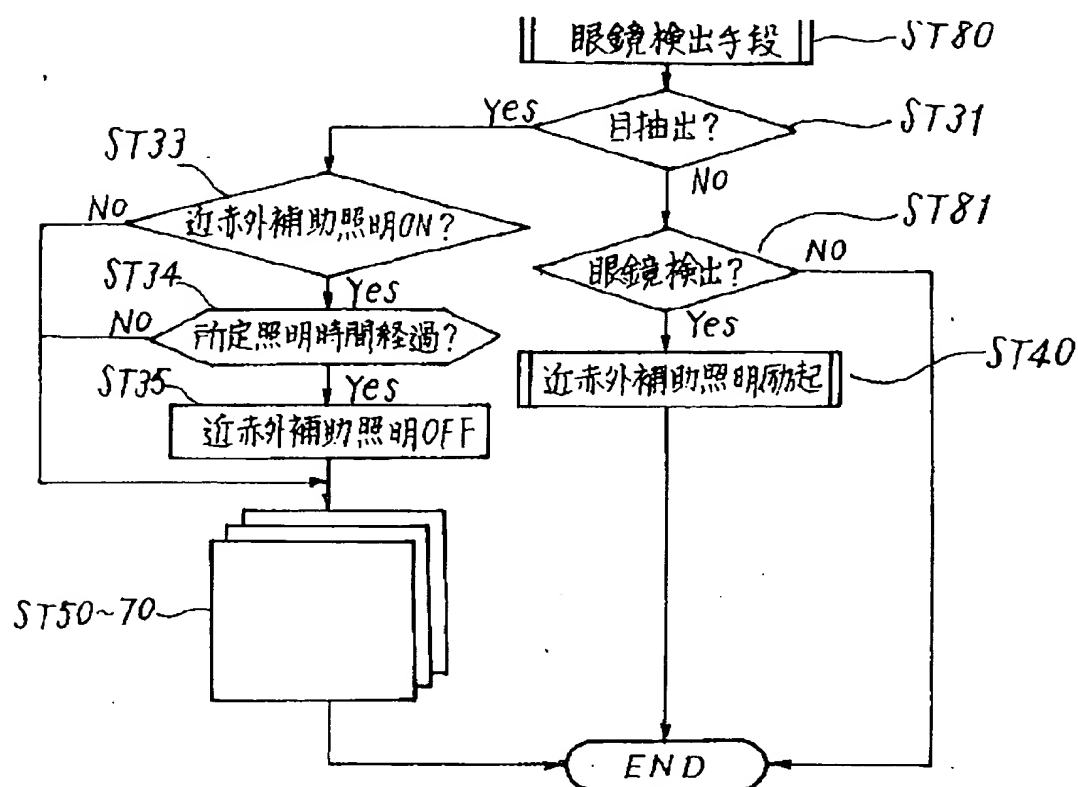


【図28】

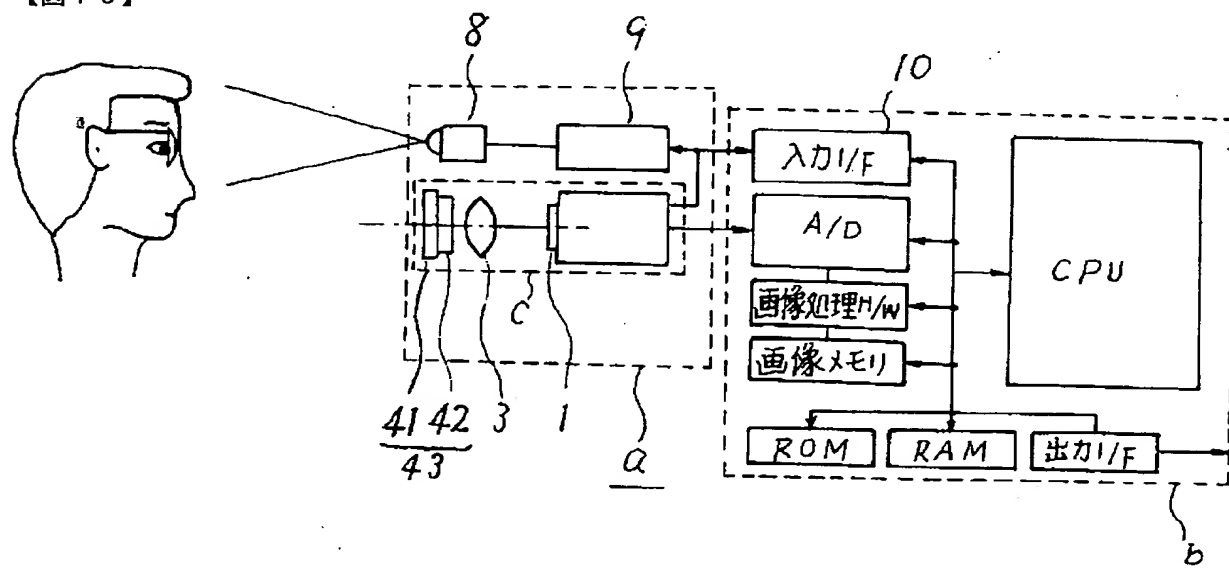


【図12】

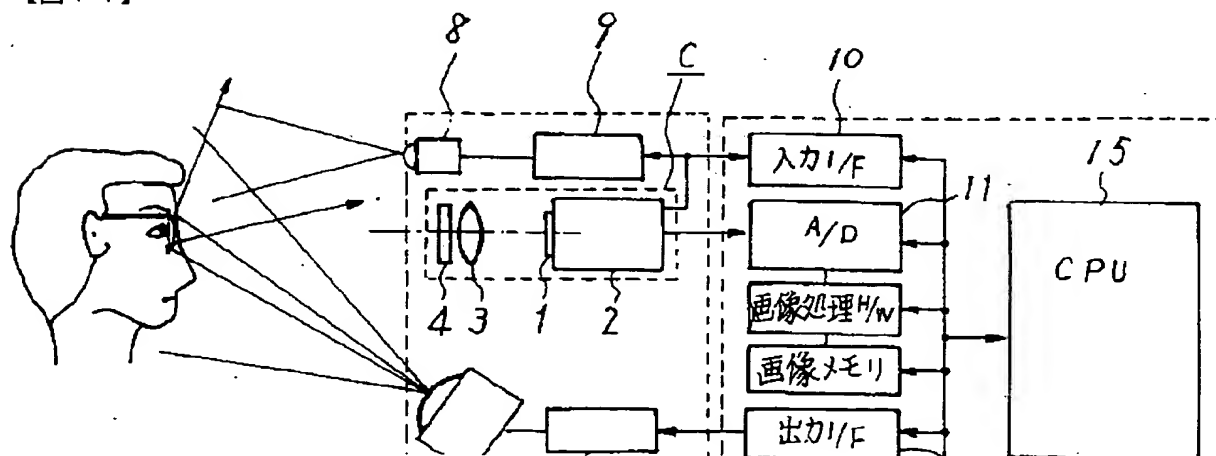


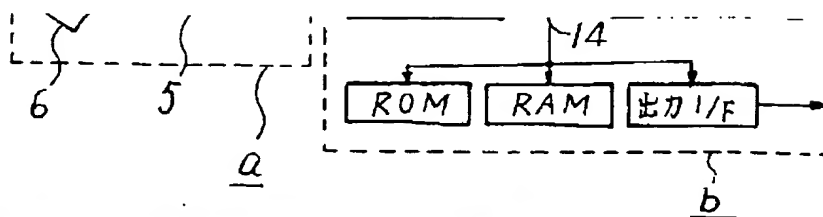


【圖 1 6】

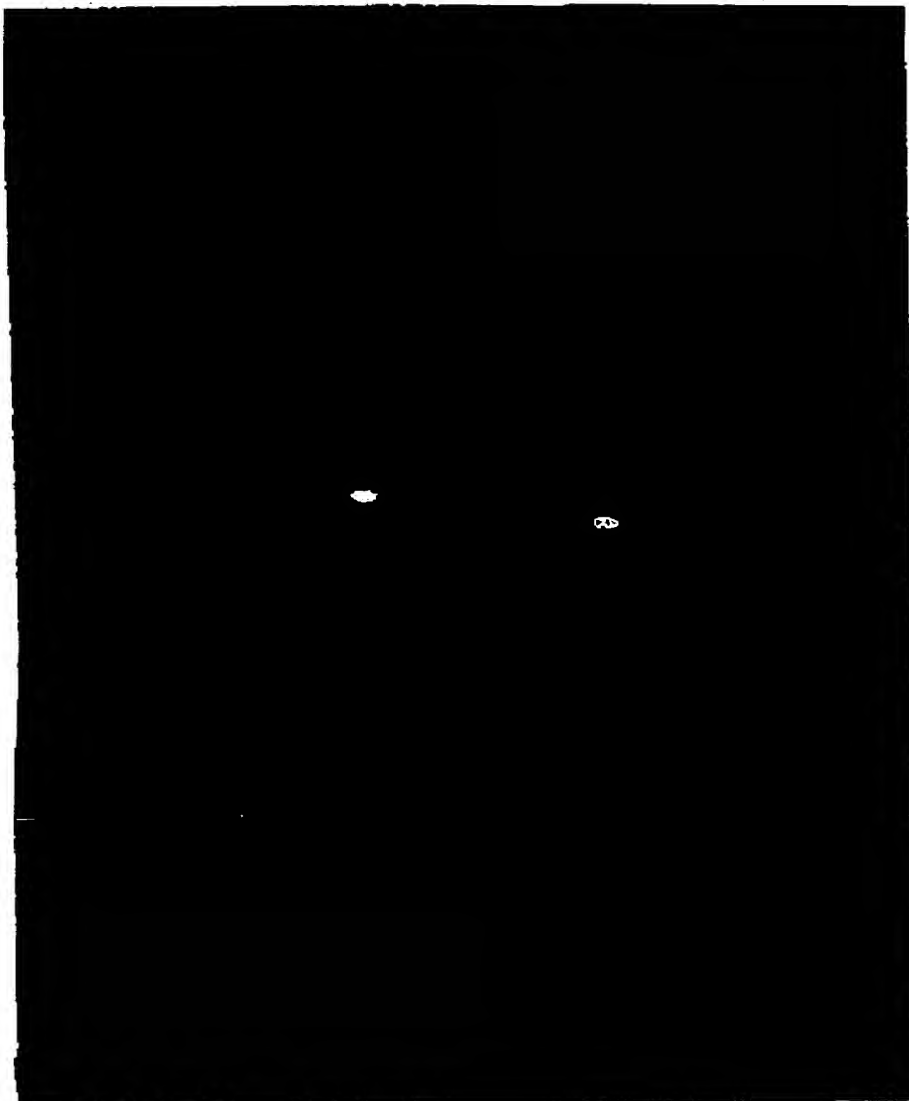


【圖 14】



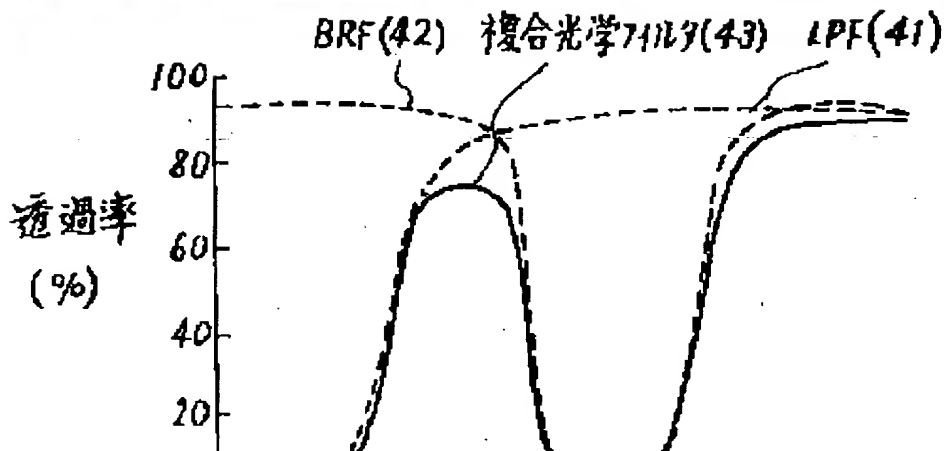


【図15】



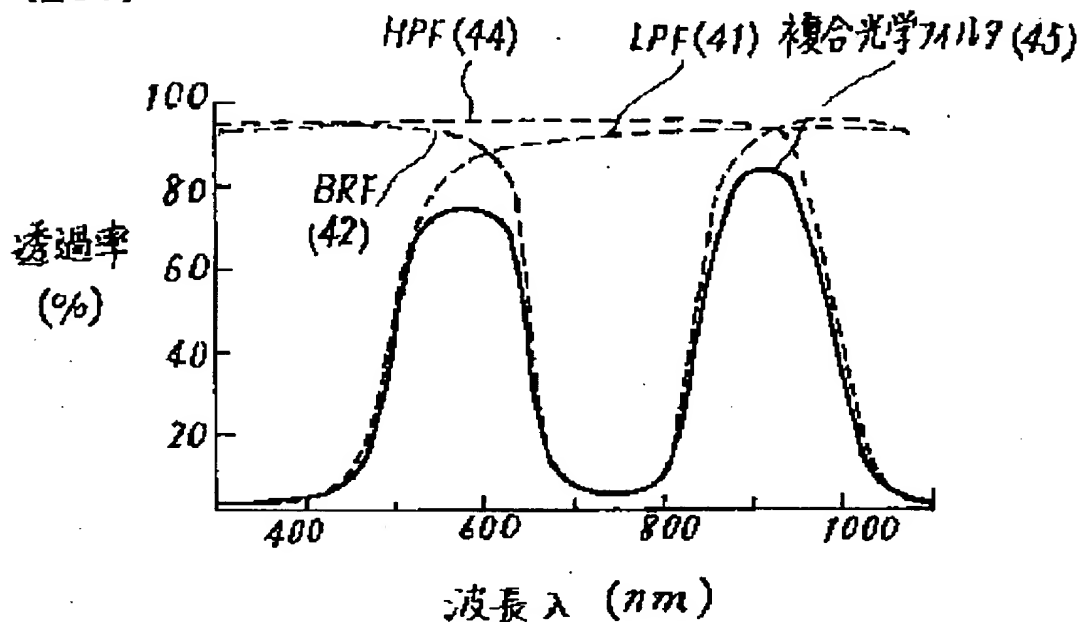
BEST AVAILABLE COPY

【図19】

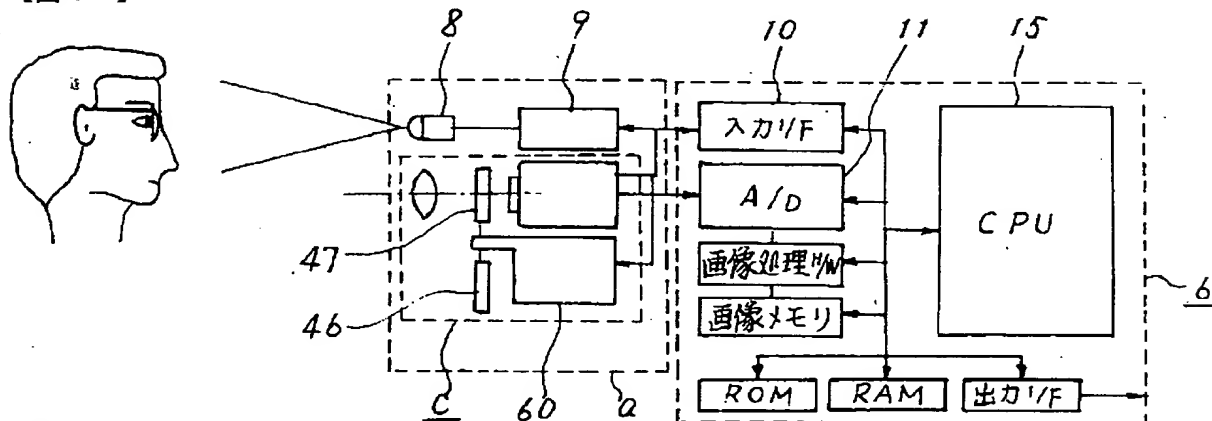




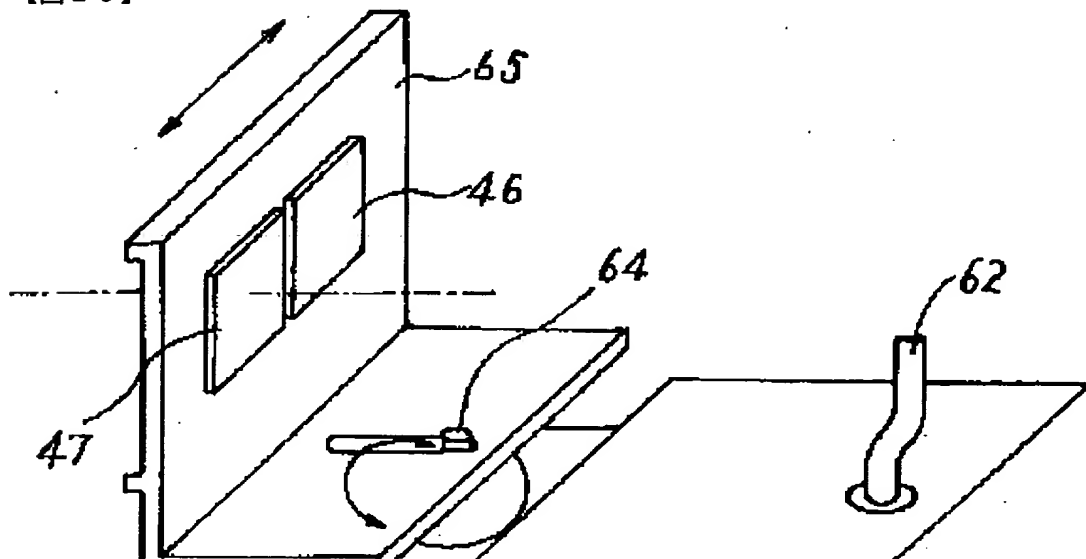
【図20】

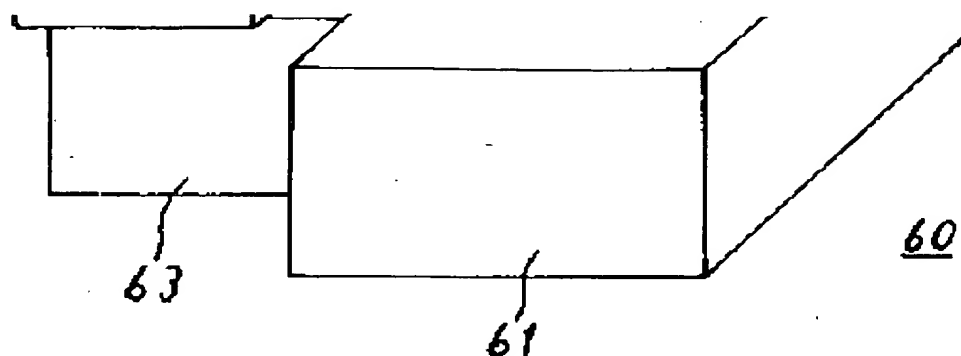


【図21】

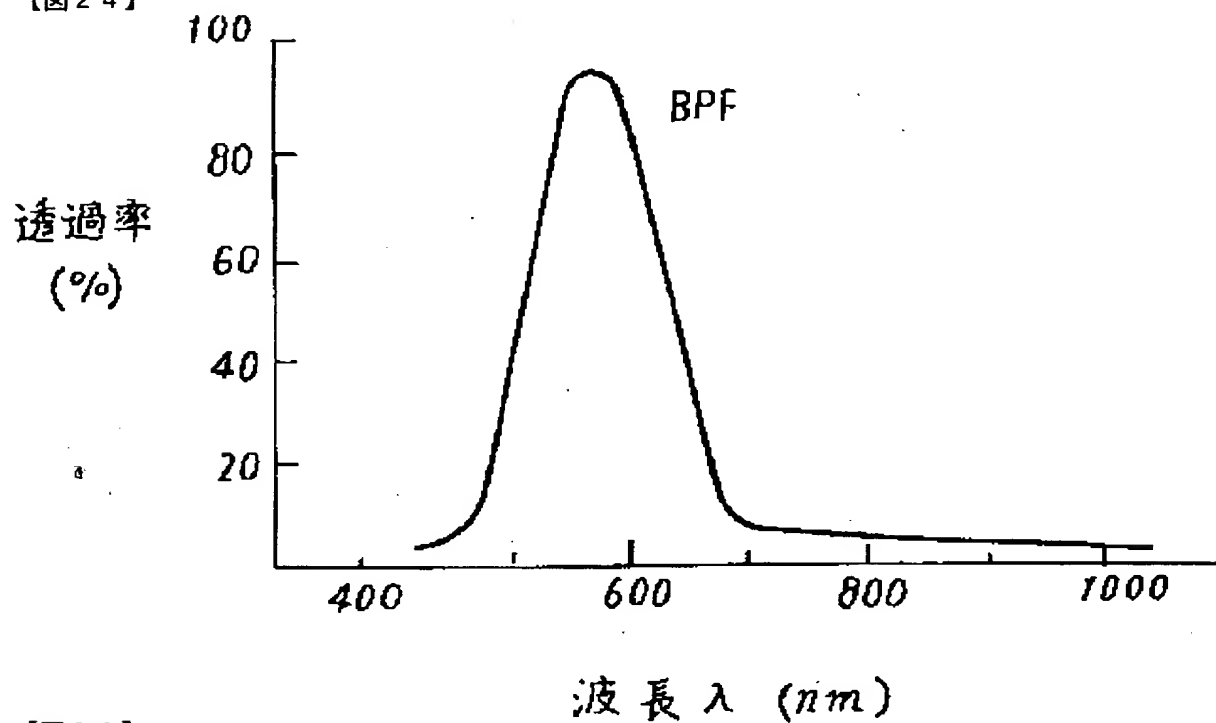


【図23】

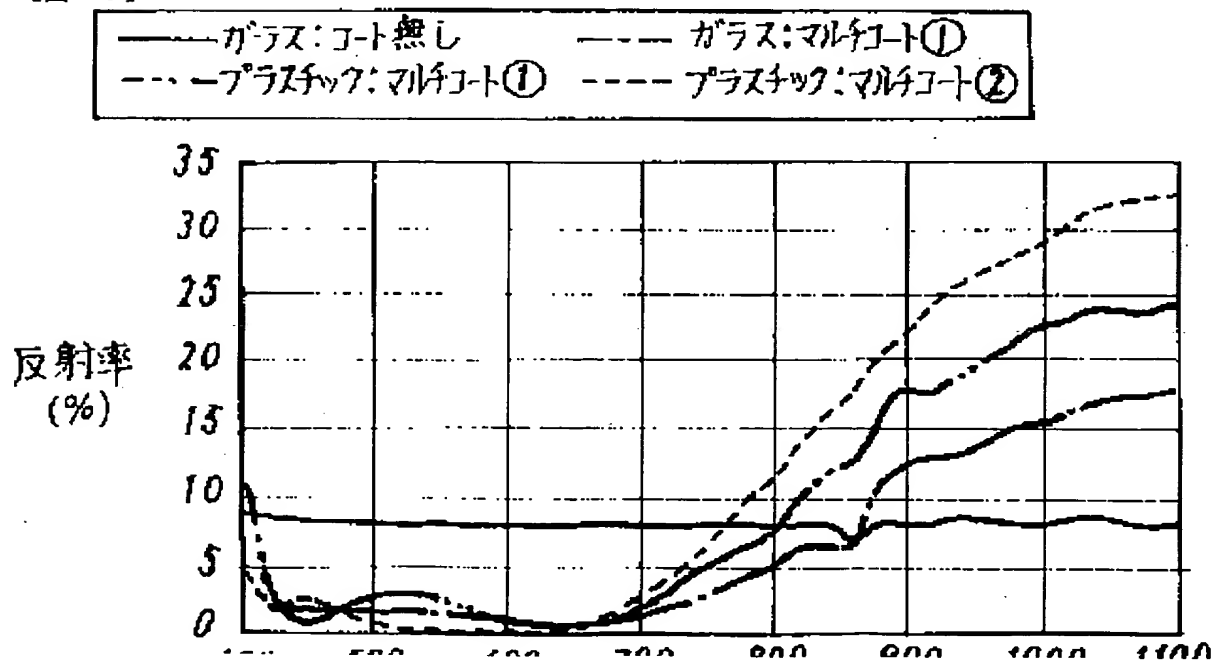




【図24】

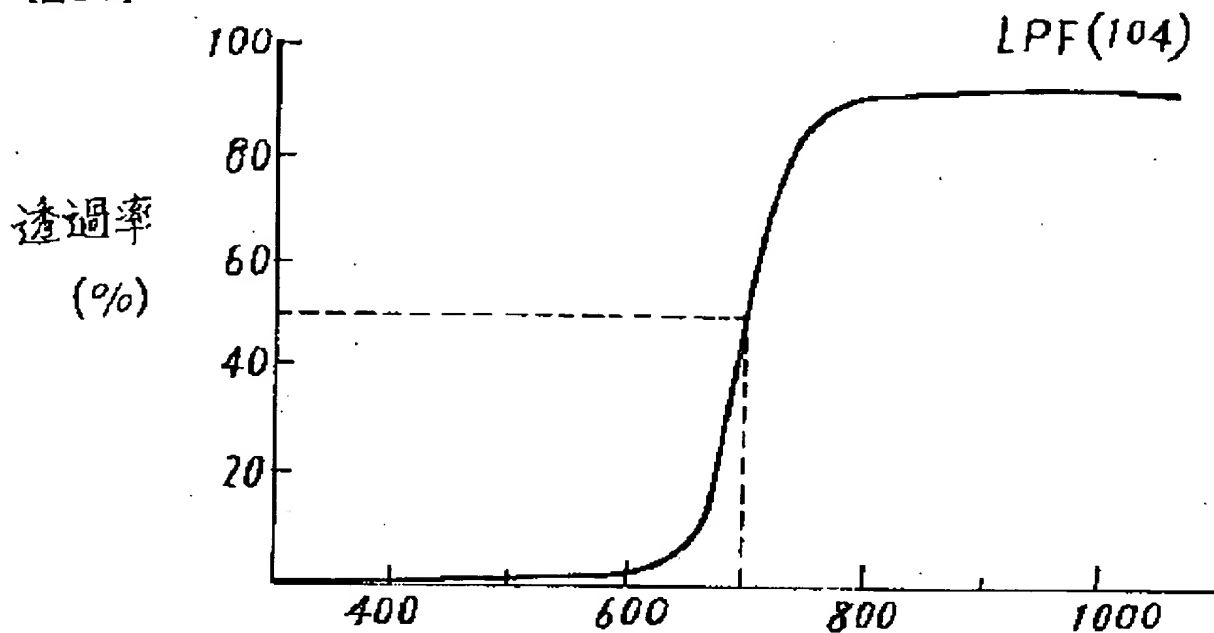


【図26】



400 500 600 700 800 900 1000 1100
波長 λ (nm)

【図27】



波長 λ (nm)

【図25】

